

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL  
DE HUAMANGA

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**RESISTENCIA DEL CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS DE  
VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE AYACUCHO - 2016**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO AGRÍCOLA**

PRESENTADO POR:

**LUIS ALFREDO CHAUCA ESCALANTE**

AYACUCHO – PERÚ

2016

**RESISTENCIA DEL CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS DE  
VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE AYACUCHO - 2016**

**Recomendado :**

**Aprobado :**

---

Ing. FEDERICO QUICAÑO SUÁREZ

Presidente del Jurado

---

Ing. VANCE GIORGIO FERNÁNDEZ HUAMÁN

Asesor

---

Ing. JUAN CHARAPAQUI ANCCASI

Miembro del Jurado

---

Ing. RICHARD ALEX OSCCO PECEROS

Miembro del Jurado

---

Dr. ANTONIO JERÍ CHÁVEZ

Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias

## DEDICATORIA

A Dios y a ti madre

TEOFILA ESCALANTE GARAMENDI

Que me dio la vida y todo lo que soy.

Con respeto, amor, admiración y  
gratitud a mis seres más queridos:

CIRILA GONZALES GARCIA

EDITH YARANGA GONZALES

GETRUDIS PRADO GOMEZ

motores y apoyo en mi formación

como persona y profesional.

A mi familia BRIGITTE y ADRIANO

y a mis queridos hermanos:

EDITHA, FELY, RUTH, ALFONSO,

OMAR, URSULA, MARICELA, MICHAEL,

por su comprensión y apoyo incondicional.

## **AGRADECIMIENTO**

Tributarle, nuestro más sincero agradecimiento a nuestra admirable e ilustre Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por darnos la oportunidad de alcanzar uno de nuestros mejores anhelos.

A la Facultad de Ciencias Agrarias y en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola, por recibirnos y cobijarnos en sus instalaciones para formarnos como profesionales en la ingeniería.

A todo la plana de docentes, auxiliar y facilitadores que laboran en esta prestigiosa casa de estudios, quienes contribuyeron a enriquecer nuestro conocimiento en pro de la realización de este trabajo y en nuestra vida futura.

A mi asesor Ingeniero Vance Giorgio Fernández Huamán por darme la iniciativa en la realización del presente trabajo; brindándonos la ayuda y conocimiento necesario

A la institución de la Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones de Ayacucho en las personas de los Ingenieros Beltrán Barzola Ayala y Juan De Dios Morales Amao, por permitirme utilizar el Laboratorio de Concreto y Materiales.

A mis amigos y compañeros de clase, por compartir momentos agradables y experiencias enriquecedoras.

A todas aquellas personas que de alguna manera u otra contribuyeron a nuestra formación profesional y personal; a todos de verdad ¡mil gracias!

## ÍNDICE DE GENERAL

DEDICATORIA .....	III
AGRADECIMIENTO .....	IV
INDICE DE TABLAS.....	IX
INDICE DE FIGURAS .....	XI
INDICE DE ANEXOS .....	XII
RESUMEN .....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	2
OBJETIVO GENERAL .....	2
OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	2
JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	2
<b>I. REVISION BIBLIOGRAFICA.....</b>	<b>3</b>
1.1. ANTECEDENTES .....	3
1.2. CEMENTO .....	6
1.2.1. DEFINICIÓN.....	6
1.2.2. MATERIAS PRIMAS DEL CEMENTO PORTLAND .....	6
1.2.3. COMPOSICIÓN QUÍMICA.....	7
1.2.4. PROPIEDADES DE LOS COMPUESTOS PRINCIPALES.....	8
1.2.5. PROPIEDADES DEL CEMENTO .....	10
1.2.6. TIPOS DE CEMENTOS.....	12
1.2.7. REQUISITOS TÉCNICOS DE LOS CEMENTOS.....	14
1.2.8. USOS Y APLICACIONES DE LOS CEMENTOS PÓRTLAND .....	16
1.3. AGUA PARA EL CONCRETO.....	18
1.3.1. DEFINICION.....	18
1.3.2. REQUISITOS DE CALIDAD DEL AGUA.....	21
1.3.3. REQUISITOS DEL COMITÉ ACI 318 CON RESPECTO AL AGUA.....	22
1.3.4. FUNCIONES DEL AGUA.....	23

1.3.5. EFECTO DE LAS SUSTANCIAS DISUELTAS .....	24
1.3.6. EFECTOS DE LAS IMPUREZAS EN EL AGUA .....	25
1.4. AGREGADOS PARA EL CONCRETO .....	27
1.4.1. DEFINICIÓN.....	27
1.4.2. CLASIFICACION DE LOS AGREGADOS .....	29
1.4.3. FUNCIÓN DEL AGREGADO .....	31
1.4.4. PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS .....	31
1.4.5. NORMAS Y REQUISITOS DE AGREGADOS PARA CONCRETOS .....	40
1.4.6. AGREGADO GLOBAL (NTP 400.037).....	46
1.5. ADITIVOS PARA EL CONCRETO .....	47
1.5.1. DEFINICION.....	47
1.5.2. CONDICIONES DE EMPLEO.....	48
1.5.3. RAZONES DE EMPLEO .....	49
1.5.4. CLASIFICACION DE LOS ADITIVOS .....	50
1.5.5. REQUISITOS DE LA NORMA.....	51
1.6. EL CONCRETO .....	53
1.6.1. DEFINICIÓN.....	53
1.6.2. IMPORTANCIA.....	54
1.6.3. INGREDIENTES DEL CONCRETO .....	54
1.6.4. REQUISITOS DE LA MEZCLA .....	55
1.6.5. COMPOSICION DEL CONCRETO.....	56
1.6.6. HIDRATACIÓN Y CURADO DEL CONCRETO.....	59
1.6.7. POROSIDAD DE LA PASTA.....	60
1.6.8. CLASIFICACION DEL CONCRETO .....	61
1.6.9. PROPIEDADES DEL CONCRETO.....	63
<b>II. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>68</b>
2.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	68
2.2. UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO.....	69
2.2.1. UBICACIÓN GEOGRAFICA .....	69
2.2.2. UBICACIÓN POLITICA.....	70

2.2.3. TOPOGRAFÍA Y TRAZO URBANO.....	73
2.2.4. CLIMA Y VEGETACION .....	73
2.2.5. CARACTERISTICAS SISMOLOGICAS .....	74
2.2.6. CARACTERISTICAS DE LAS EDIFICACIONES DEL LUGAR.....	76
2.3. POBLACION.....	76
2.4. MUESTRA .....	77
2.5. METODOS Y PROCEDIMIENTOS .....	78
2.5.1. CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DE LOS AGREGADOS.....	79
2.5.2. UBICACIÓN Y DESCRIPCION DE LAS CANTERAS UTILIZADAS.....	79
2.5.3. MUESTREO Y ANALISIS GRANULOMETRICO DE LOS AGREGADOS (NTP 400.012).....	81
2.5.4. MODULO DE FINEZA (NTP 400.011).....	82
2.5.5. PESO VOLUMÉTRICO UNITARIO (NTP 400.017).....	83
2.5.6. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN (NTP 400.021) .....	85
2.5.7. RESISTENCIA A LA CONGELACION E INTEMPERISMO (NTP 400.016).....	88
2.5.8. RESISTENCIA AL DESGASTE (NTP 400.019) .....	89
2.5.9. DETERMINACION DE IMPUREZAS ORGANICAS (NTP 400.013).....	90
2.5.10. PRUEBA EQUIVALENTE DE ARENA .....	91
2.6. CARACTERISTICAS QUÍMICAS DE LOS AGREGADOS.....	92
2.7. METODO, PROCEDIMIENTO DE MUESTREO Y TOMA DE DATOS DEL CONCRETO EN CAMPO NTP 339.036 ASTM C-172.....	92
2.8. METODO Y ENSAYO DE CONCRETO A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS CILINDRICAS ENDURECIDOS NTP 339.034. (1999) .....	96
2.9. METODO Y ANALISIS DE DATOS DEL CONCRETO EN GABINETE .....	97
2.9.1. CONTROL ESTADISTICO DEL CONCRETO .....	97
<b>III. RESULTADOS .....</b>	<b>106</b>
3.1. RESULTADOS DEL ANALISIS FISICO DE LOS AGREGADOS.....	107
3.1.1. ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO.....	107
3.1.2. MODULO DE FINEZA .....	109
3.1.3. PESO UNITARIO DEL AGREGADO .....	111

3.1.4. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN .....	114
3.1.5. PORCENTAJE DE HUMEDAD Y VACIOS .....	116
3.1.6. RESISTENCIA A LA CONGELACION E INTEMPERISMO .....	118
3.1.7. RESISTENCIA AL DESGASTE .....	120
3.1.8. PRUEBA EQUIVALENTE ARENA.....	122
3.2. RESULTADO QUÍMICO DE LOS AGREGADOS.....	123
3.3. RESULTADO DE DOSIFICACION DE AGREGADOS Y ENSAYO DEL CONCRETO A LA COMPRESIÓN .....	124
3.3.1. RESULTADO DE LA DOSIFICACION DEL CONCRETO .....	144
3.3.2. RESULTADO DE PRUEBA A COMPRESION DE LAS MUESTRAS DE VIVIENDAS .....	146
3.3.3. RESULTADO ESTADISTICO DE LAS MUESTRAS A COMPRESION .....	149
3.3.4. RESULTADO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO SEGÚN CRITERIO DEL ACI 318.....	157
<b>IV. DISCUSIONES .....</b>	<b>159</b>
4.1. DISCUSION DEL ANALISIS FISICO, QUIMICO DE LOS AGREGADOS .....	159
4.2. DISCUSION DE LAS MUESTRAS DE TESTIGO A COMPRESION .....	161
4.3. DISCUSION DEL CONTROL ESTADISTICO DE LAS MUESTRAS A COMPRESION .....	162
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>165</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>168</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>171</b>
<b>ANEXO 1: RESULTADOS FISICOS, QUIMICOS DEL AGREGADO .....</b>	<b>171</b>
<b>ANEXO 2: RESULTADOS DE MUESTRAS A COMPRESION .....</b>	<b>171</b>
<b>ANEXO 3: FOTOGRAFIAS.....</b>	<b>171</b>
<b>ANEXO 4: NORMAS TECNICAS PERUANAS.....</b>	<b>171</b>

## INDICE DE TABLAS

Tabla I-1: Composición química del cemento .....	7
Tabla I-2: Compuesto químico del cemento.....	8
Tabla I-3: Requisitos físicos obligatorios del cemento. ....	14
Tabla I-4: Requisitos químicos obligatorios del cemento. ....	15
Tabla I-5: Requisitos físicos opcionales del cemento.....	15
Tabla I-6: Requisitos químicos opcionales del cemento .....	15
Tabla I-7: Concretos expuestos a soluciones.....	16
Tabla I-8: Límites permisibles para el agua de mezcla y curado NTP 339.088 .....	21
Tabla I-9: Valores de módulo de elasticidad .....	37
Tabla I-10: Requisitos granulométricos para el agregado fino .....	40
Tabla I-11: Requisitos granulométricos para el agregado grueso .....	41
Tabla I-12: Sustancias dañinas .....	42
Tabla I-13: Resistencia mecánica .....	43
Tabla I-14: Durabilidad mecánica del agregado.....	44
Tabla I-15: Requisito opcional.....	45
Tabla I-16: Contenido de ion cloruro en el concreto.....	45
Tabla I-17: Requisito granulométrico del agregado global .....	47
Tabla I-18: Requisito para los aditivos según la norma ASTM C494 .....	52
Tabla I-19: Consistencia y asentamiento del concreto.....	64
Tabla I-20: Circunstancias que afectan a la durabilidad del concreto .....	66
Tabla II-1: Carga abrasiva para el ensayo de abrasión del agregado grueso .....	90

Tabla II-2: Gradación de la muestra de ensayo de abrasión del agregado grueso .....	90
Tabla II-3: Límites de contenido de cloruros y sulfatos del agregado.....	92
Tabla II-4: Factor de corrección de probetas a compresión .....	97
Tabla II-5: Valores de t.....	103
Tabla II-6: Valores de dispersión en el control del concreto.....	103
Tabla II-7: Desviación estándar según ACI, para muestra menores a 30 ..	105
Tabla II-8: Tabla de $f'_{cr}$ , cuando no hay datos.....	105

## INDICE DE FIGURAS

Figura I-1: Influencia del curado húmedo en la resistencia a compresión del concreto. ....	5
Figura I-2: Reacción química del cemento con el agua .....	56
Figura II-1: Mapa Político del Perú, para ubicar el lugar de investigación....	70
Figura II-2: Mapa Político del Departamento de Ayacucho, para ubicar el ..	70
Figura II-3: Mapa Político de la Provincia de Huamanga, para ubicar el lugar de investigación .....	71
Figura II-4: Mapa Distrital de Ayacucho, para lograr una mejor visión de la ubicación del lugar de investigación.....	72
Figura II-5: Laboratorio de ensayo del concreto a la compresión.....	96
Figura II-6: Distribución Normal (Campana de Gauss) .....	99
Figura II-7: Probabilidad de ocurrencia .....	101
Figura III-1: Dosificación de agregados y agua de 20 muestras de viviendas .....	145
Figura III-2: Resultados a compresión de 20 muestras en losas aligeradas de viviendas .....	148
Figura III-3: Resistencia del concreto de muestras curadas en agua por 7 días .....	150
Figura III-4: Resistencia del concreto de muestras curadas en campo.....	154

## **INDICE DE ANEXOS**

ANEXO 1: Resultados físicos, químicos y mecánicos de los agregados

ANEXO 2: Resultado de muestras a compresión

ANEXO 3: Fotografías

ANEXO 4: Normas Técnicas Peruanas

## RESUMEN

El concreto es un material compuesto, en el cual existe una gran variabilidad en las características de sus componentes, especialmente en la relación agua/cemento y los agregados. Siendo estas de carácter físico y químico, que producen diferentes efectos, tanto en la trabajabilidad, como en su resistencia en estado endurecido, el cual regirá su vida de servicio. El presente tema de investigación, es útil e importante, tanto para el diseñador, constructor, así como para el estudiante y público interesado en el tema de resistencia del concreto en losas aligeradas en viviendas; que toma en consideración los puntos álgidos donde se produce la deficiencia de elaboración del concreto en forma artesanal y tradicional en nuestra ciudad de Ayacucho.

Para el logro de los objetivos planteados. El presente trabajo de investigación se realizó en forma directa en las fases de campo y gabinete; obteniendo dos muestras de concreto de 15 cm. x 30 cm. de cada vivienda durante el proceso de vaciado y determinadas sus resistencias a los 28 días; obteniendo en la fase de gabinete resistencias a compresión muy bajas ( $50.08 \text{ kg/cm}^2$ ); generando cierta preocupación por los resultados, debido a que del total de muestras solo el 10 por ciento (2 viviendas) han alcanzado la resistencia de  $210 \text{ kg/cm}^2$ . Así mismo también, solo el 10 por ciento (2 viviendas) han superado la resistencia de  $175 \text{ kg/cm}^2$  y el resto de 80 por ciento (16 viviendas) han obtenido resistencias bajas, lo cual demuestran que están mal elaboradas afectando la resistencia, durabilidad y tiempo de servicio de la estructura, esto como consecuencia de las malas prácticas que es común en nuestro medio

## INTRODUCCIÓN

Durante el presente siglo, el concreto se ha convertido en el material de construcción más utilizado en nuestra ciudad de Ayacucho y del mundo, debido a su extraordinaria versatilidad en cuanto a forma (se puede moldear), función (uso estructural y no estructural) y económica, ya que la tecnología desarrollada a su alrededor hace posible su competencia no solo con las construcciones de piedra y madera, sino también con las de acero.

El presente trabajo de investigación, surge como consecuencia de la necesidad de saber los factores que influyen en la resistencia final del concreto elaboradas en forma artesanal y tradicional en nuestro medio; con uso de cemento, piedra chancada, arena gruesa y agua.

Mehta y Monteiro (1998) frecuentemente la variación de la resistencia del concreto puede explicarse con el cambio de la relación  $a/c$ , no obstante existe evidencia en la literatura que éste no siempre es el caso. Además por consideraciones teóricas, independientemente de la relación  $a/c$ , las características de las partículas del agregado tales como el tamaño, la forma, la textura de la superficie y el tipo de mineral, influyen en las características de la zona de transición, y por lo tanto, afectan la resistencia del concreto.

American Concrete Institute ACI 308R (2001) establece que el curado tiene una influencia significativa sobre las propiedades del hormigón endurecido. Por lo tanto, un buen curado es necesario para tener un hormigón de buena calidad.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la relación que existe entre los factores involucrados en la construcción, con la resistencia del concreto en losas aligeradas de viviendas en la ciudad de Ayacucho.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

1. Determinar la influencia de la dosificación de los agregados, sobre la resistencia del concreto en losas aligeradas de viviendas.
2. Determinar la influencia del curado, en la resistencia del concreto en losas aligeradas de viviendas.
3. Determinar como la relación agua/cemento y humedad de los materiales influyen en la resistencia del concreto en losas aligeradas de viviendas.

### **JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

El trabajo de investigación se justifica porque permitió determinar la resistencia del concreto en losas aligeradas de viviendas en la ciudad de Ayacucho, bajo los procedimientos comunes y tradicionales de elaboración, dosificación, transporte, compactación y curado del concreto, y es importante, debido a que en la actualidad se viene empleando el ladrillo y concreto en la construcción de viviendas en nuestra ciudad; sin el control y la dirección técnica de un profesional que garantice la calidad y durabilidad de la construcción

## **I. REVISION BIBLIOGRAFICA**

### **1.1. ANTECEDENTES**

Chan (1993) los agregados son un componente dinámico dentro de la mezcla, aunque la variación en sus características puede ocurrir también durante los procesos de explotación, manejo y transporte. Y puesto que forma la mayor parte del volumen del material, se considera componente crítico en los concretos y tiene un efecto significativo en el comportamiento de la estructura.

Ozturan y Cecen (1997) el esfuerzo que el concreto puede resistir como material compuesto, está determinado principalmente, por las características del mortero (mezcla de cemento, arena y agua), de los agregados gruesos y de la interface de estos dos componentes. Debido a lo anterior, morteros con diferentes calidades y agregados gruesos con diferentes características (forma, textura, mineralogía, resistencia, etc), pueden producir concretos de distintas resistencias.

Cerón et al. (1996) la necesidad de contar con un concreto de calidad hace indispensable conocer a detalle sus componentes, ya que tanto la resistencia como la durabilidad dependen de las propiedades físicas y químicas de ellos, especialmente de los agregados. Sin embargo uno de los problemas que encuentra los ingenieros y los constructores al emplear el concreto, es la poca verificación de las características de los agregados pétreos que utilizan, lo que propicia con cierta frecuencia resultados diferentes a los esperados.

Guevara, Hidalgo, Pizarro, Rodríguez, Rojas, Segura, (2012) en el trabajo de investigación “Efecto de la variación agua/cemento en el concreto”, refleja el estudio de la relación agua-cemento (a/c) en la preparación de concreto. Para llevarlo a cabo se hicieron varias pruebas cambiando el volumen del agua con relación a la cantidad de cemento. A partir de esto se pudo concluir que el desarrollo de las pruebas permitió identificar la consistencia del concreto y, por tanto, de sus propiedades. La resistencia es afectada directamente por dicha relación y se midió mediante la prueba de compresión. Es importante determinar las propiedades del concreto con el que se está trabajando, para determinar su utilidad a largo plazo y cumplir con los estándares requeridos para tal finalidad.

American Concrete Institute ACI 308R-01 (2002) durante las reacciones de hidratación del cemento los poros inicialmente llenos de agua en la pasta de cemento fresca se van llenando con los productos de hidratación; sin embargo, el grado con los que estos poros se van llenando, no solo depende de las facilidades para que el cemento se hidrate, sino también del volumen inicial de poros en la pasta, el cual está en función de la relación agua/cemento.

Gonnerman y Shuman (1928) en su trabajo de “Influencia del curado húmedo en la resistencia a la compresión del concreto” se ha presentado en forma gráfica en la figura. Las cuales fueron realizadas utilizando concretos con una relación agua/cemento (a/c) de 0,50 y especímenes cilíndricos de 15cm de diámetro y 30cm de altura. En esta grafica se muestra concretos que tuvieron como factor variable el tiempo que pasaron en condiciones de saturación antes de ser expuestos al aire (e iniciar el proceso de secado); ya que muestra un contraste notable entre la resistencia que se obtuvieron al variar el tiempo del curado húmedo. Por ejemplo, entre los concretos que pasaron 28 días expuestos al aire y los que pasaron 28 días en estado de saturación se aprecia una ganancia de aproximadamente 100% de resistencia, en pruebas destructivas realizada a la edad de 28 días

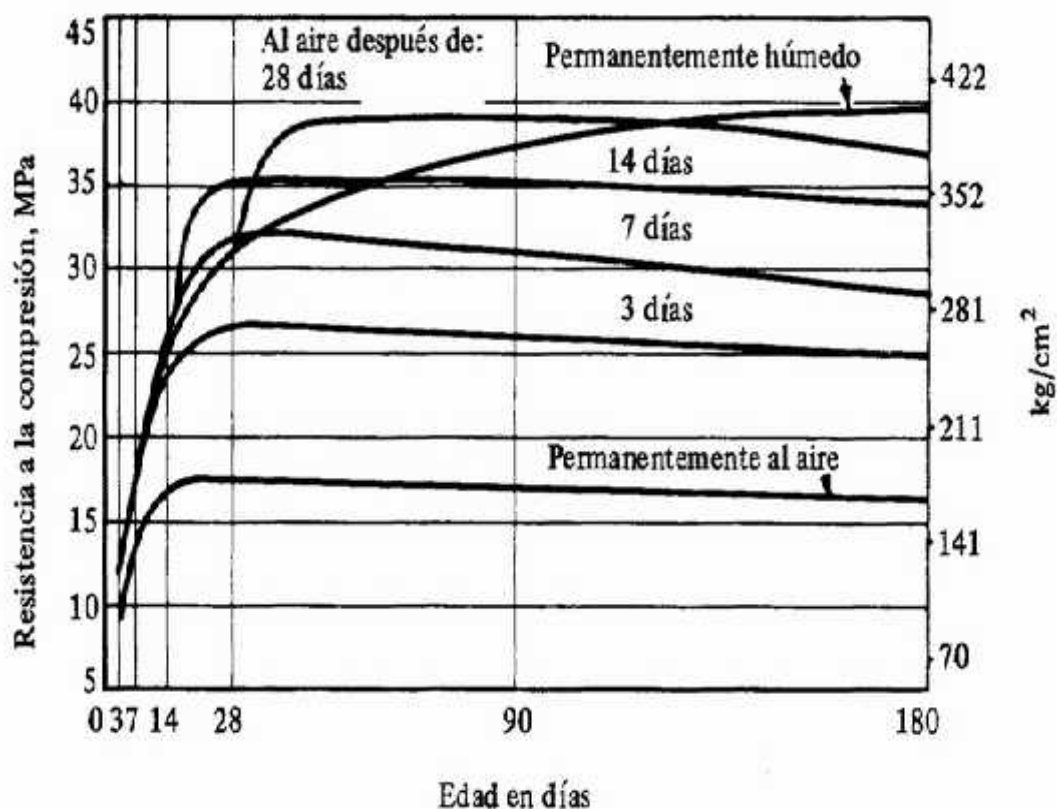


Figura I-1: Influencia del curado húmedo en la resistencia a compresión del concreto.

Fuente: Gonnerman y Shuman (1928)

## 1.2. CEMENTO

### 1.2.1. DEFINICIÓN

Según la Norma Técnica Peruana NTP 334.009, el Cemento Pórtland es un cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker compuesto esencialmente por silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas de sulfato de calcio como adición durante la molienda, es decir:

Cemento Pórtland = Clinker Pórtland + Yeso

El Cemento Pórtland es un polvo muy fino de color verdoso. Al mezclarlo con agua forma una masa (pasta) muy plástica y moldeable que luego de fraguar y endurecer, adquiere gran resistencia y durabilidad. (Torre, 2004)

### 1.2.2. MATERIAS PRIMAS DEL CEMENTO PORTLAND

Las principales materias primas necesarias para la fabricación de un Cemento Pórtland son:

- a. **Materiales calcáreos:** Deben tener un adecuado contenido de carbonato de calcio ( $\text{Co}_3\text{Ca}$ ) que será entre 60% a 80%, y no deberá tener más de 1.5% de magnesio. Aquí tenemos a las margas, cretas y calizas en general estos materiales suministran el óxido de calcio o cal.
- b. **Materiales arcillosos:** Deben contener sílice en cantidad entre 60% y 70%. Estos materiales proveen el dióxido de silicio o sílice y también el óxido de aluminio o alúmina, aquí tenemos a las pizarras, esquistos y arcillas.

- c. **Minerales de hierro:** Suministran el óxido férrico en pequeñas cantidades. En algunos casos éstos vienen con la arcilla.
- d. **Yeso:** Aporta el sulfato de calcio. (Torre, 2004).

### 1.2.3. COMPOSICIÓN QUÍMICA

#### a. Composición química

Los componentes químicos del Cemento Pórtland se expresan por el contenido de óxidos, en porcentajes. Los principales óxidos son: la cal, sílice, alúmina y el óxido férrico, siendo el total de éstos del 95% al 97%. En pequeñas cantidades también se presentan otros óxidos: la magnesia, el anhídrido sulfúrico, los álcalis y otros de menor importancia. Así tenemos: (Torre, 2004)

**Tabla I-1:** Composición química del cemento

Oxido componente	Porcentaje típico	Abreviatura
CaO	58% - 67%	C
SiO <sub>2</sub>	16% - 26%	S
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4% - 8%	A
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2% - 5%	F
SO <sub>3</sub>	0.1% - 2.5%	
MgO	1% - 5%	
K <sub>2</sub> O y Na <sub>2</sub> O	0% - 1%	
Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0% - 3%	
TiO <sub>2</sub>	0% - 0.5%	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0% - 1.5%	
Perdida x calcinación	0.5% - 3%	

Fuente: NTP 334.009

#### b. Compuestos químicos

Durante la calcinación en la fabricación del Clinker de Cemento Pórtland los óxidos se combinan con los componentes ácidos de la materia prima

dando lugar a cuatro importantes compuestos. Los principales compuestos que constituyen aproximadamente el 90 - 95% del cemento, también se presentan en menores cantidades, otros compuestos secundarios. (Torre, 2004)

**Tabla I-2:** *Compuesto químico del cemento*

<b>Designación</b>	<b>Fórmula</b>	<b>Abreviatura</b>	<b>Porcentaje</b>
Silicato tricálcico	3CaO.SiO <sub>2</sub>	C3S	30% - 50%
Silicato dicálcico	2CaO.SiO <sub>2</sub>	C2S	15% - 30%
Aluminato tricálcico	3CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C3A	4% - 12%
Ferro aluminato tetracálcico	4CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C4AF	8% - 13%
Cal libre	CaO		
Magnesia libre (periclasa)	MgO		

Fuente: NTP 334.009

#### **1.2.4. PROPIEDADES DE LOS COMPUESTOS PRINCIPALES**

##### **a. Silicato tricálcico (C<sub>3</sub>S), conocido también como alita**

- Se hidrata y endurece rápidamente.
- Es el más importante de los compuestos del cemento.
- Determina la rapidez o velocidad de fraguado.
- Determina la resistencia inicial del cemento.
- Libera gran cantidad de calor de hidratación equivalente a 120 cal/gr. Este compuesto tiene mucha importancia en el calor de hidratación de los cementos.
- Contribuye a una buena estabilidad de volumen.
- Contribuye a la resistencia al intemperismo. (Torre, 2004)

##### **b. Silicato dicálcico (C<sub>2</sub>S), conocido también como belita**

- Contribuye con las resistencias a edades mayores a una semana.
- Por su porcentaje en el Clinker es el segundo en importancia.
- Se hidrata y endurece con lentitud.

- Alcanza elevada resistencia a la compresión a largo plazo (después de prolongado endurecimiento).
- El valor de hidratación es equivalente a 63 cal/gr.
- Contribuye a la resistencia al intemperismo junto al C3S.
- Su contribución a la estabilidad de volumen es regular. (Torre, 2004)

#### **c. Aluminato tricálcico (C3A)**

- Es el primero en hidratarse, o sea fragua con mucha rapidez (hidratación violenta).
- Libera gran cantidad de calor durante los primeros días de la hidratación.
- Incide levemente en la resistencia mecánica.
- Tiene baja resistencia al intemperismo (acción del hielo y deshielo).
- Tiene mala estabilidad de volumen.
- Escasa resistencia a la acción del ataque de los sulfatos y ataques químicos.
- Calor de hidratación equivalente a 207 cal/gr. (Torre, 2004)

#### **d. Ferro aluminato tetra cálcico (C4AF)**

- Reduce la temperatura de formación del Clinker.
- Rápida velocidad de hidratación.
- El calor de hidratación es equivalente a 100 cal/gr (moderado).
- En la resistencia mecánica no está definida su influencia.
- La estabilidad de volumen es mala.
- Influye en el color final del cemento. (Torre, 2004)

**Nota:** El Silicato Tricálcico (C3S) y el Silicato Dicálcico (C2S) constituyen el 75% del cemento. Por eso la resistencia mecánica se debe a éstos dos compuestos.

## 1.2.5. PROPIEDADES DEL CEMENTO

### a. Finura o fineza

Referida al grado de molienda del polvo, se expresa por la superficie específica, en  $m^2/kg$ . En el laboratorio existen 2 ensayos para determinarlo:

- Permeabilímetro de Blaine.
- Turbidímetro de Wagner.

La importancia radica a mayor finura, crece la resistencia, pero aumenta el calor de hidratación y cambios de volumen. A mayor finura del cemento mayor rapidez de hidratación del cemento y mayor desarrollo de resistencia. (Torre, 2004)

### b. Peso específico

Referido al peso del cemento por unidad de volumen, se expresa en  $gr/cm^3$ . En el laboratorio se determina por medio de:

- Ensayo del Frasco de Le Chatelier (NTP 334.005).

La importancia es que se usa para los cálculos en el diseño de mezclas. Los pesos específicos de los cementos Pórtland son de aproximadamente 3.15. (Torre, 2004)

### c. Tiempo de fraguado

Es el tiempo entre el mezclado (agua con cemento) y la solidificación de la pasta. Se expresa en minutos. Se presenta como: El tiempo de fraguado inicial y el tiempo de fraguado final. En el laboratorio existen 2 métodos para calcular:

- Agujas de Vicat: NTP 334.006 (97).
- Agujas de Gillmore: NTP 334.056 (97).

La importancia es: Fija la puesta correcta en obra y endurecimiento de los concretos y morteros. (Torre, 2004)

#### **d. Estabilidad de volumen**

Representa la verificación de los cambios volumétricos por presencia de agentes expansivos, se expresa en %. En el laboratorio se determina mediante:

- Ensayo en Autoclave: NTP 334.004 (99). (Torre, 2004)

#### **e. Resistencia a la compresión**

Mide la capacidad mecánica del cemento a soportar una fuerza externa de compresión. Es una de las más importantes propiedades, se expresa en Kg/cm<sup>2</sup>. En el laboratorio se determina mediante:

- Ensayo de compresión en probetas cúbicas de 5cm de lado (con mortero cemento-arena normalizada): NTP 334. 051 (98).

Se prueba a diferentes edades: 1, 3, 7, 28 días.

La importancia es que es una propiedad que decide la calidad de los cementos. (Torre, 2004)

#### **f. Contenido de aire**

Mide la cantidad de aire atrapado o retenido en la mezcla (mortero), se expresa en % del volumen total. En el laboratorio se determina mediante:

- Pesos y volúmenes absolutos de mortero C - A en molde cilíndrico estándar: NTP 334.048.

La importancia es en concretos con aire atrapado disminuye la resistencia (5% por cada 1%).(Torre, 2004)

#### **g. Calor de hidratación**

Es el calor que se genera por la reacción (agua + cemento) exotérmica de la hidratación del cemento, se expresa en cal/gr., y depende principalmente del C<sub>3</sub>A y el C<sub>3</sub>S. En el laboratorio se determina mediante:

- Ensayo del Calorímetro de Langavant o el de la Botella Aislante. Se emplea morteros estándar: NTP 334.064. (Torre, 2004)

### **1.2.6. TIPOS DE CEMENTOS**

#### **a. Cementos Pórtland sin adición**

Constituidos por Clinker Pórtland y la inclusión solamente de un determinado porcentaje de sulfato de calcio (yeso). Aquí tenemos según las Normas Técnicas Peruanas: (Torre, 2004)

- **Tipo I**: Para usos que no requieran propiedades especiales de cualquier otro tipo.
- **Tipo II**: Para uso general y específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación.
- **Tipo III**: Para utilizarse cuando se requiere altas resistencias iniciales.
- **Tipo IV**: Para emplearse cuando se desea bajo calor de hidratación.
- **Tipo V**: Para emplearse cuando se desea alta resistencia a los sulfatos.

## **b. Cementos Pórtland adicionados**

Contienen además de Clinker Pórtland y Yeso, dos o más constituyentes inorgánicos que contribuyen a mejorar las propiedades del cemento. (ejm.: puzolanas, escorias granuladas de altos hornos, componentes calizos, sulfato de calcio, incorporadores de aire). Aquí tenemos según NTP:

- Cementos Pórtland Puzolánicos (NTP 334.044)
  - Cemento Pórtland Puzolánico Tipo IP: Contenido de puzolana entre 15% y 40%.
  - Cemento Pórtland Puzolánico Modificado Tipo I (PM): Contenido de puzolana menos de 15%.
- Cementos Pórtland de Escoria (NTP 334.049)
  - Cemento Pórtland de Escoria Tipo IS: Contenido de escoria entre 25% y 70%.
  - Cemento Pórtland de Escoria Modificado Tipo I (SM): Contenido de escoria menor a 25%.
- Cementos Pórtland Compuesto Tipo 1 (Co) (NTP 334.073): Cemento adicionado obtenido por la pulverización conjunta de Clinker Pórtland y materiales calizos (travertinos), hasta un 30% de peso.
- Cemento de Albañilería (A) (NTP 334.069): Cemento obtenido por la pulverización de Clinker Pórtland y materiales que mejoran la plasticidad y la retención de agua.
- Cementos de Especificaciones de la Performance (NTP 334.082): Cemento adicionado para aplicaciones generales y especiales, donde no existe restricciones en la composición del cemento o sus constituyentes. Se clasifican por tipos basados en requerimientos

específicos: Alta resistencia inicial, resistencia al ataque de sulfatos, calor de hidratación; sus tipos son:

GU: De uso general. Se usa para cuando no se requiera propiedades especiales.

HH: De alta resistencia inicial.

MS: De moderada resistencia a los sulfatos.

HS: De alta resistencia a los sulfatos.

MH: De moderado calor de hidratación.

LH: De bajo calor de hidratación. (Torre, 2004)

### 1.2.7. REQUISITOS TÉCNICOS DE LOS CEMENTOS

De acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas NTP 334.009, los requisitos físicos y químicos de los Cementos Pórtland, se muestra a continuación:

#### a. Requisitos físicos obligatorios

Tabla I-3: Requisitos físicos obligatorios del cemento.

Requisitos Físicos	Tipos					
	I	II	V	MS	IP	Ico
Resistencia a la Compresión min Kg/cm <sup>2</sup>						
3 días	120	100	80	100	130	130
7 días	190	170	150	170	200	200
28 días	280*	280*	210	280*	250	250
Tiempo de fraguado, minutos						
Inicial, mínimo	45	45	45	45	45	45
Final, máximo	375	375	375	420	420	420
Expansión en autoclave, % máx.	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Resistencia a los sulfatos, % máximo de expansión	-	-	0.04* 14 días	0.10 6 meses	0.10* 6 meses	-
Calor de hidratación, máx, KJ/Kg						
7 días	-	290*	-	-	290*	-
28 días	-	-	-	-	330*	-

Fuente: NTP. 334.009

## b. Requisitos químicos obligatorios

Tabla I-4: Requisitos químicos obligatorios del cemento.

Requisitos Químicos	Tipos					
	I	II	V	MS	IP	Ico
Óxido de magnesio (MgO), máx, %	6.0	6.0	6.0	-	6.0	6.0
Trióxido de Azufre (SO <sub>3</sub> ), máx, %	3.5	3.0	2.3	-	4.0	4.0
Pérdida por Ignición, máx, %	3.0	3.0	3.0	-	5.0	8.0
Residuos Insoluble, máx, %	0.8	0.8	0.8	-	-	-
Aluminato tricálcico (C3A), máx, %	-	8.0	5.0	-	-	-
Álcalis equivalentes (Na <sub>2</sub> O+0.658 K <sub>2</sub> O), máx, %)	0.6*	0.6*	0.6*	-	-	-

Fuente: NTP. 334.009

## c. Requisitos físicos opcionales

Tabla I-5: Requisitos físicos opcionales del cemento

Características físicas opcionales	Tipos				
	I	II	III	IV	V
Falso fraguado, % (P. Fin) mínimo	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
Calor de hidratación, máx, Cal/gr					
7 días	-	70.0	-	60.0	-
28 días	-	-	-	70.0	-
Resistencia a la compresión (Mpa) 28 días	280.0	280.0	-	-	-
Resistencia a los sulfatos, 14 días, máx	-	-	-	-	0.04

Fuente: NTP 334.009

## d. Requisitos químicos opcionales

Tabla I-6: Requisitos químicos opcionales del cemento

Características químicas opcionales	Tipos				
	I	II	III	IV	V
Aluminato tricálcico (C3A), máx, %	-	-	5-8	-	-
Suma (C3S + C3A), máx %	-	58.0	-	-	-
Álcalis equivalentes (Na <sub>2</sub> O + 0.658 K <sub>2</sub> O), máx, %	0.6	0.6	0.6	-	-

Fuente: NTP 334.009

Los tipos de cementos cuyo requisito para concretos expuestos a soluciones que contienen sulfatos se muestran a continuación:

**Tabla I-7:** *Concretos expuestos a soluciones*

Exposición a sulfatos	Sulfatos solubles en agua (SO <sub>4</sub> ) en el suelo	Sulfatos (SO <sub>4</sub> ) en el agua, ppm	Tipo de cemento	Concreto con agregado de peso normal rel. a/c máx en peso	Concreto con agregado de peso normal y ligero resist. Comp. Mínima Mpa
Insignificante	0<SO <sub>4</sub> <0.1	0<SO <sub>4</sub> <150	-	-	-
Moderada	0.1<SO <sub>4</sub> <0.2	150<SO <sub>4</sub> <1500	II,IP, MS, IPM	0.5	40
Severa	0.2<SO <sub>4</sub> <2.0	1500<SO <sub>4</sub> <10,000	V	0.45	45
Muy severa	SO <sub>4</sub> >2.0	SO <sub>4</sub> >10,000	V más puzolana	0.45	45

Fuente: NTP. 334.009

## 1.2.8. USOS Y APLICACIONES DE LOS CEMENTOS PÓRTLAND

### a. Cementos Pórtland estándar (Sin adición)

**Tipo I:** Para construcciones de concreto y mortero de uso general y cuando no se requiera propiedades específicas, se utiliza en concretos que no estén sujetos al ataque de factores agresivos como podría ser la presencia de sulfatos en el suelo o en el agua.

**Tipo II:** En obras donde se requiera resistencia moderada a la acción de los sulfatos (ejm. Estructuras de drenaje) y/o moderado calor de hidratación (consecuencia de la hidratación del cemento). Se recomienda en edificaciones, estructuras industriales, puentes, obras portuarias, perforaciones y en general en todas aquellas estructuras de volumen considerable, y en climas cálidos.

**Tipo III:** Para obras que requiera alta resistencia elevadas a edades tempranas, normalmente a menos de una semana (ejm: adelanto de la puesta en servicio) y también en obras de zonas frías su uso permite reducir el curado controlado.

**Tipo IV:** Para Estructuras se requiera bajo calor de hidratación, caso de represas, centrales hidroeléctricas y obras de grandes masas de concreto, también debe tenerse en cuenta que este cemento desarrolla resistencias a una velocidad inferior a la de los otros cementos.

**Tipo V:** Además de las cualidades del Tipo II, es recomendado para obras donde se requiera elevada resistencia a los sulfatos. Es el caso de obras portuarias expuesta al agua de mar, también en canales, alcantarillas, túneles, suelos con alto contenido de sulfatos. Estos cementos desarrollan resistencias más lentamente que los cementos Tipo I, incrementan su resistencia a los sulfatos. (Torre, 2004)

#### **b. Cementos Pórtland adicionados**

**Tipo IP y IPM :** Cementos cuya adición viene a ser la puzolana tienen uso similar al Tipo I, y se recomienda en obras masivas o con ataques de aguas agresivas, aguas negras, en cimentaciones en todo terreno, son cementos de moderado calor de hidratación y moderada resistencia a los sulfatos.

**Tipo MS:** Cementos adicionados de escorias se puede emplear en todo tipo de construcciones de concreto son resistentes a la agresión química, se puede utilizar en estructuras en ambientes y suelos húmedos-salitrosos, para estructuras en cimientos y pisos. En general se puede decir que tienen moderada resistencia a los sulfatos y moderado calor de hidratación.

**Tipo ICo:** Corresponde al cemento Tipo I mejorado con mayor plasticidad, se puede utilizar en obras de concreto y de concreto armado en general,

morteros en general, especialmente para tarrajeo y asentado de unidades de albañilería, pavimentos y cimentaciones. (Torre, 2004)

### **1.3. AGUA PARA EL CONCRETO**

#### **1.3.1. DEFINICION**

Las aguas potables y aquellas que no tengan sabores u olores pueden ser utilizadas para preparar concreto, sin embargo algunas aguas no potables también pueden ser usadas si cumplen con algunos requisitos, en nuestro país es frecuente trabajar con aguas no potables sobre todo cuando se tratan de obras en las afueras de las ciudades. (Torre, 2004)

El estudio de las características del agua a utilizar en la mezcla del concreto adquiere gran importancia ya que este material interviene en la reacción química con el material cementante (cemento) para lograr:

##### **a. La formación de gel**

Se define como gel a la parte sólida de la pasta la cual es el resultado de la reacción química del cemento con el agua durante el proceso de hidratación.

En su estructura el gel es una aglomeración porosa de partículas sólidamente entrelazadas el conjunto de las cuales forman una red eslabonada que contiene material amorfo. El gel desempeña el papel más importante en el comportamiento del concreto especialmente en sus resistencias mecánicas y en su módulo de elasticidad. Los dos silicatos de calcio, los cuales constituyen cerca del 75% del peso del Cemento Portland, reaccionan con el agua para formar dos nuevos compuestos: el

hidróxido de calcio y el hidrato de silicato de calcio. Este último es el componente cementante más importante en el concreto. Las propiedades ingenieriles del concreto - fraguado y endurecimiento, resistencia y estabilidad dimensional - principalmente dependen del gel del hidrato de silicato de calcio. Es la médula del concreto. (Torre, 2004)

#### **b. En estado fresco**

Facilite una adecuada manipulación y colocación de la misma. (Torre, 2004)

#### **c. En estado endurecido**

La conviertan en un producto con propiedades y características deseadas. Es importante conocer la velocidad de reacción entre el cemento y el agua porque esta velocidad determinara el tiempo de fraguado y de endurecimiento. La reacción inicial debe ser suficientemente lenta para que conceda tiempo al transporte y colocación del concreto. Sin embargo, una vez que el concreto ha sido colocado y terminado, es deseable tener un endurecimiento rápido. El yeso, que es adicionado en el molino de cemento durante la molienda del Clinker, actúa como regulador de la velocidad inicial de hidratación del Cemento Pórtland. Otros factores que influyen en la velocidad de hidratación incluyen la finura de la molienda, los aditivos, la cantidad de agua adicionada y la temperatura de los materiales en el momento del mezclado. (Torre, 2004)

#### **d. Curado del concreto**

El aumento de la resistencia continuará con la edad mientras se encuentre cemento sin hidratar, a condición de que el concreto permanezca húmedo

o tenga una humedad relativa superior a aproximadamente el 80% y permanezca favorablemente la temperatura del concreto. Cuando la humedad relativa dentro del concreto sea aproximadamente del 80% o la temperatura del concreto descienda por debajo del punto de congelación, la hidratación y el aumento de resistencia virtualmente se detiene.

Si se vuelve a saturar el concreto luego de un periodo de secado, la hidratación se reanuda y la resistencia vuelve a aumentar. Sin embargo lo mejor es aplicar el curado húmedo al concreto de manera continua desde el momento en que se ha colocado hasta cuando haya alcanzado la calidad deseada debido a que el concreto es difícil de re saturar.

Como requisito de carácter general y sin que ello implique la realización de ensayos que permitan verificar su calidad, se podrá emplear como aguas de mezclado aquellas que se consideren potables, o las que por experiencia se conozcan que pueden ser utilizadas en la preparación del concreto.

Debe recordarse, que no todas las aguas inadecuadas para beber son inconvenientes para preparar concreto. En general, dentro de las limitaciones, el agua de mezclado deberá estar libre de sustancias colorantes, aceites y azúcares.

El agua empleada no deberá contener sustancias que puedan producir efectos sobre el fraguado, la resistencia o durabilidad, apariencia del concreto, o sobre los elementos metálicos embebidos en éste. Previamente a su empleo, será necesario investigar y asegurarse que la fuente de provisión no está sometida a influencias que puedan modificar su composición y características con respecto a las condiciones que permitieron su empleo con resultados satisfactorios. (Torre, 2004)

### 1.3.2. REQUISITOS DE CALIDAD DEL AGUA

El agua que ha de ser empleada en la preparación del concreto deberá cumplir con los requisitos de la norma NTP 339.088 y ser, de preferencia potable. No existen criterios uniformes en cuanto a los límites permisibles para las sales y sustancias presentes en el agua que va a emplearse.

La NTP 339.088 considera aptas para la preparación y curado del concreto, aquellas aguas cuyas propiedades y contenidos de sustancias disueltas están comprendidos dentro de los siguientes límites: (Torre, 2004)

**Tabla I-8:** Límites permisibles para el agua de mezcla y curado NTP 339.088

Descripción	Limite Permissible		
	Sólido en suspensión (residuo insoluble)	5,000	ppm
Materia Orgánica	3	ppm	Máximo
Alcalinidad (NaCHCO <sub>3</sub> )	1,000	ppm	Máximo
Sulfatos (ión SO <sub>4</sub> )	600	ppm	Máximo
Cloruros (ión Cl)	1,000	ppm	Máximo
Ph	5 a 8	ppm	Máximo

Fuente: NTP. 339.088

#### Recomendaciones adicionales:

- Si la variación de color es un requisito que se desea controlar, el contenido máximo de fierro, expresado en ion férrico, será de 1 ppm.
- El agua deberá estar libre de azúcares o sus derivados. Igualmente lo estará de sales de potasio o de sodio.
- Si se utiliza aguas no potables, la calidad del agua, determinada por análisis de Laboratorio, deberá ser aprobada por la Supervisión.
- La selección de las proporciones de la mezcla de concreto se basará en resultados en los que se ha utilizado en la preparación del concreto el agua de la fuente elegida. (Torre, 2004)

### 1.3.3. REQUISITOS DEL COMITÉ ACI 318 CON RESPECTO AL AGUA

- a. El agua empleada en el mezclado del concreto deberá estar limpia y libre de cantidades peligrosas de aceites, álcalis, ácidos, sales, materia orgánica, u otras sustancias peligrosas para el concreto o el refuerzo.
- b. El agua de mezclado para concreto premezclado o para concreto que deberá contener elementos de aluminio embebidos, incluida la porción del agua de mezclado que es contribuida en forma de agua libre sobre el agregado, no deberá contener cantidades peligrosas de ión cloruro.
- c. No deberá emplearse en el concreto aguas no potables, salvo que las siguientes condiciones sean satisfechas.
- d. La selección de las proporciones del concreto deberá basarse en mezclas de concreto en las que se ha empleado agua de la misma fuente.
- e. Los cubos de ensayo de morteros preparados con aguas de mezclado no potables deberán tener a los 7 y 28 días resistencias iguales a por lo menos el 90% de la resistencia de especímenes similares preparados con agua potable. Los ensayos de comparación de resistencia deberán ser preparados con morteros, idénticos con excepción del agua de mezclado, preparados y ensayados de acuerdo a la Norma ASTM C109 "Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortar" (Empleando especímenes cúbicos de 2" ó 50 mm).

#### **Observaciones:**

Casi todas las aguas naturales que son bebibles (potables) y que no tienen olor o sabor pronunciados, son satisfactorias para ser empleadas como aguas

de mezclado en la preparación del concreto. Las impurezas, cuando son excesivas pueden afectar no sólo el tiempo de fraguado, la resistencia del concreto, y la estabilidad de volumen (cambios de longitud, sino que también pueden causar eflorescencias o corrosión del refuerzo. Cuando ello sea posible, las aguas con altas concentraciones de sólidos disueltos deberán ser evitadas.

Las sales u otras sustancias peligrosas, con las que contribuyen los agregados o aditivos, deben ser añadidas al volumen que puede ser contenido en el agua de mezclado. Estos volúmenes adicionales deben ser considerados en la evaluación de la aceptación de las impurezas totales que pueden ser peligrosas para el concreto o acero. (Torre, 2004)

#### **1.3.4. FUNCIONES DEL AGUA**

El agua de mezcla en el concreto tiene tres funciones principales:

- a. Reaccionar con el cemento para hidratarlo.
- b. Actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad del conjunto.
- c. Procurar la estructura de vacíos necesaria en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse.

Por lo tanto, la cantidad de agua que interviene en la mezcla de concreto es normalmente por razones de trabajabilidad, no mayor de la necesaria para la hidratación del cemento.

El problema principal del agua de mezcla reside en las impurezas y la cantidad de éstas, que ocasionan reacciones químicas que alteran el comportamiento normal de la pasta de cemento.

Una regla empírica que sirve para estimar si determinada agua sirve o no para emplearse en la producción de concreto, consiste en establecer su habilidad para el consumo humano, ya que lo que no daña al hombre no daña al concreto. (Pasquel, 1998)

### **1.3.5. EFECTO DE LAS SUSTANCIAS DISUELTAS**

- El efecto de las sustancias orgánicas presentes en las aguas naturales, puedan afectar el tiempo de fraguado del Cemento Portland o en la resistencia última del concreto, es un problema que presenta una complejidad considerable. Las aguas que estén muy coloreadas, las aguas con un olor notable o aquellas aguas en que tengan visibles algas verdes o cafés deberán ser vistas con desconfianza y en consecuencia ensayadas.
- Sedimentos o partículas en suspensión; Se puede tolerar en el agua aproximadamente 2,000 ppm de arcilla o de partículas finas de roca. Cantidades mayores podría no afectar la resistencia, pero bien podrían influir sobre otras propiedades de algunas mezclas de concreto. Antes de ser empleada, cualquier agua lodosa deberá pasar a través de estanques de sedimentación o deberá ser clarificada por cualquier otro medio para reducir la cantidad de sedimentos y de arcilla agregada a la mezcla. Cuando se regresan finos de cemento al concreto en aguas de enjuague recicladas, se pueden tolerar 50,000 ppm.
- Azúcar; Una pequeña cantidad de sacarosa, de 0.03% a 0.15% del peso del cemento, normalmente retarda el fraguado del cemento. El límite superior de este rango varía respecto de los distintos cementos. La resistencia a 7 días puede verse reducida, en tanto que la

resistencia a los 28 días podría aumentar. El azúcar en cantidades de 0.25% o más del peso del cemento puede provocar un fraguado rápido y una reducción sustancial de la resistencia a los 28 días. Cada tipo de azúcar afecta al tiempo de fraguado y a la resistencia de manera distinta. Menos de 500 ppm de azúcar en el agua de mezclado, generalmente no producen un efecto adverso en el desarrollo de la resistencia, pero si la concentración sobrepasa esta cantidad, se deberán realizar ensayos para analizar el tiempo de fraguado y el desarrollo de la resistencia. (Torre, 2004)

#### **1.3.6. EFECTOS DE LAS IMPUREZAS EN EL AGUA**

- El carbonato de sodio; puede causar fraguados muy rápidos, en tanto que los bicarbonatos pueden acelerar o retardar el fraguado. En concentraciones fuertes estas sales pueden reducir de manera significativa la resistencia del concreto. Cuando la suma de las sales disueltas exceda 1,000 ppm, se deberán realizar pruebas para analizar su efecto sobre el tiempo de fraguado y sobre la resistencia a los 28 días.
- Cloruros; la inquietud respecto a un elevado contenido de cloruros en el agua de mezclado, se debe principalmente al posible efecto adverso que los iones de cloruro pudieran tener en la corrosión del acero de refuerzo, o de los torones del pres fuerza. Los iones cloruro atacan la capa de óxido protectora formada en el acero por el medio químico altamente alcalino (pH 12.5) presente en el concreto. Los cloruros se pueden introducir en el concreto, ya sea con los ingredientes separados – aditivos, agregados, cemento, y agua – o a través de la exposición a

las sales anticongelantes, al agua de mar, o al aire cargado de sales cerca de las costas. El agua que se utilice en concreto pre forzado o en un concreto que vaya a tener embebido aluminio, no deberá contener cantidades nocivas de ion cloruro. Las aportaciones de cloruros de los ingredientes distintos al agua también se deberán tomar en consideración. Los aditivos de cloruro de calcio se deberán emplear con mucha precaución.

- El interés respecto a un elevado contenido de sulfatos en el agua, se debe a las posibles reacciones expansivas y al deterioro por ataque de sulfatos, especialmente en aquellos lugares donde el concreto vaya a quedar expuesto a suelos o agua con contenidos elevados de sulfatos. Aunque se ha empleado satisfactoriamente aguas que contenían 10,000 ppm de sulfatos de sodio.
- Los carbonatos de calcio y de magnesio no son solubles en el agua y rara vez se les encuentra en concentraciones suficientes para afectar la resistencia del concreto. En algunas aguas se pueden encontrar bicarbonatos de calcio y de magnesio. No se consideran dañinas las concentraciones inferiores o iguales a 400 ppm de bicarbonato en estas formas. Se han obtenido buenas resistencias con concentraciones hasta de 40,000 ppm de cloruro de magnesio. Las concentraciones de sulfato de magnesio deberán ser inferiores a 25,000 ppm.
- Las aguas freáticas naturales rara vez contienen más de 20 a 30 ppm de hierro; sin embargo, las aguas de mina ácidas pueden contener cantidades muy grandes. Las sales de hierro en concentraciones hasta 40,000 ppm normalmente no afectan de manera adversa al desarrollo de la resistencia.

- Las sales de magnesio, estaño, zinc, cobre y plomo presentes en el agua pueden provocar una reducción considerable en la resistencia y también grandes variaciones en el tiempo de fraguado. De estas, las más activas son las sales de zinc, de cobre y de plomo. Las sales que son especialmente activas como retardantes, incluyen el yodato de sodio, fosfato de sodio, arsenato de sodio y borato de sodio. Generalmente se pueden tolerar en el agua de mezclado concentraciones de estas sales hasta de 500 ppm. Otra sal que puede ser dañina al concreto es el sulfuro de sodio; aun la presencia de 100 ppm requiere de ensayos. (Torre, 2004)

## **1.4. AGREGADOS PARA EL CONCRETO**

### **1.4.1. DEFINICIÓN**

Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas de origen natural o artificial cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la NTP 400.011.

Los agregados son la fase discontinua del concreto y son materiales que están embebidos en la pasta y que ocupan aproximadamente el 75% del volumen de la unidad cúbica de concreto. (Torre, 2004)

#### **a. Tamaño máximo**

Corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado.

#### **b. Tamaño máximo nominal**

Corresponde al menor tamiz en el cual se produce el primer retenido.

### c. Módulo de fineza

En la búsqueda de caracterizaciones numéricas que representaran la distribución volumétrica de las partículas de agregados, se definió hace muchos años el Módulo de Fineza.

Es un concepto sumamente importante establecido por Duff Abrams en el año 1925 y se define como la suma de los porcentajes retenidos acumulativos de la serie Standard hasta el Tamiz N° 100 y esta cantidad se divide entre 100. El sustento matemático del Módulo de Fineza reside en que es proporcional al promedio logarítmico del tamaño de partículas de una cierta distribución granulométrica.

Debe tenerse muy en claro que es un criterio que se aplica tanto a la piedra como a la arena, pues es general y sirve para caracterizar cada agregado independientemente de la mezcla de agregados en conjunto.

La base experimental que apoya al concepto de Módulo de fineza es que granulometrías que tengan igual M.F. independientemente de la gradación individual, requieren la misma cantidad de agua para producir mezclas de concreto de similar plasticidad y resistencia. Lo que lo convierte en un parámetro ideal para el diseño y control de mezclas, se puede intuir una fineza del material utilizando la siguiente expresión: (Pasquel, 1998).

$$M = \frac{\sum \% \bar{a} \quad r_i \quad (1 \ 1/2, 3/4" \ N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50 \ y \ N^{\circ}100)}{100} \times 100 \quad /-1$$

## 1.4.2. CLASIFICACION DE LOS AGREGADOS

Según Torre (2004) existen varias formas de clasificar a los agregados, algunas de las cuales son:

### a. Por su naturaleza

Los agregados pueden ser naturales o artificiales, siendo los naturales de uso frecuente, además los agregados utilizados en el concreto se pueden clasificar en: agregado grueso, fino y hormigón (agregado global).

- **El agregado fino**, se define como aquel que pasa el tamiz 3/8" y queda retenido en la malla N° 200, el más usual es la arena producto resultante de la desintegración de las rocas.
- **El agregado grueso**, es aquel que queda retenido en el tamiz N°4 y proviene de la desintegración de las rocas; puede a su vez clasificarse en piedra chancada y grava.
- **El hormigón**, es el material conformado por una mezcla de arena y grava este material mezclado en proporciones arbitrarias se encuentra en forma natural en la corteza terrestre y se emplea tal cual se extrae en la cantera. (Torre, 2004)

### b. Por su densidad

Se pueden clasificar en agregados de peso específico normal comprendidos entre 2.50 a 2.75, ligeros con pesos específicos menores a 2.50, y agregados pesados cuyos pesos específicos son mayores a 2.75. (Torre, 2004)

### c. Por el origen, forma y textura superficial

Por naturaleza los agregados tienen forma irregularmente geométrica compuestos aleatoriamente por caras redondeadas y angulares. En términos descriptivos la **forma** de los agregados puede ser:

- Angular: Cuyos bordes están bien definidos y formado por la intersección de sus caras (planas) además de poca evidencia de desgaste en caras y bordes.
- Sub angular: Evidencian algo de desgaste en caras y bordes, pero las caras están intactas.
- Sub redondeada: Considerable desgaste en caras y bordes.
- Redondeada: Bordes desgastados casi eliminados.
- Muy Redondeada: Sin caras ni bordes.

Respecto de la **textura superficial** estas pueden ser:

- Lisa
- Áspera
- Granular
- Vítrea
- Cristalina

La textura superficial depende de la dureza, tamaño del grano y las características de la roca original. La forma y la textura del material pueden influir altamente en la resistencia a la flexión del concreto estas características se deben controlar obligatoriamente en los concretos de alta resistencia. También se puede afirmar que la forma y textura de las arenas influyen en los requerimientos de agua en el concreto. (Torre, 2004)

#### **d. Por el tamaño del agregado**

Según su tamaño, los agregados para concreto son clasificados en:

- Agregados finos (arenas) y
- Agregados gruesos (piedras). (Torre, 2004)

#### **1.4.3. FUNCIÓN DEL AGREGADO**

El agregado dentro del concreto cumple las siguientes funciones:

- a. Como esqueleto o relleno adecuado para la pasta (cemento y agua), reduciendo el contenido de pasta en el metro cúbico.
- b. Proporciona una masa de partículas capaz de resistir las acciones mecánicas de desgaste o de intemperismo, que puedan actuar sobre el concreto.
- c. Reducir los cambios de volumen resultantes de los procesos de fraguado y endurecimiento, de humedecimiento y secado o de calentamiento de la pasta. (Torre, 2004)

#### **1.4.4. PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS**

##### **a. Propiedades físicas**

- **Densidad**

Depende de la gravedad específica de sus constituyentes sólidos como de la porosidad del material mismo. La densidad de los agregados es especialmente importante para los casos en que se busca diseñar concretos de bajo o alto peso unitario. Las bajas densidades indican

también que el material es poroso y débil y de alta absorción. (Torre, 2004)

- **Peso específico**

Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen de las mismas sin considerar los vacíos entre ellas. Las Normas ASTM C-127 y C-128, establecen el procedimiento para su determinación en laboratorio, distinguiéndose tres maneras de expresarlo en función de las condiciones de saturación. (Pasquel, 1998)

Su valor para agregados normales oscila entre 2,500 y 2,750 kg/m<sup>3</sup>.

Peso específico de masa seca (BULK SPECIFIC GRAVITY)

$$G = \frac{A}{B - C} = \frac{A}{A + V \times D - A + V \times D} = \frac{A}{(V + V)D} = \frac{A}{V \times D} \quad I-2$$

Peso específico saturado superficialmente seco (S.S.S. SPECIFIC GRAVITY)

$$G = \frac{B}{B \times C} = \frac{B}{V \times D} \quad I-3$$

Peso específico aparente (APPARENT SPECIFIC GRAVITY)

$$G = \frac{A}{B \times C} = \frac{A}{A - A + V \times D} = \frac{A}{V \times D} \quad I-4$$

Donde:

$D_a$  : Densidad del agua.

$V_a$  : Volumen de los sólidos en las partículas

$V_p$  : Volumen de poros en las partículas.

$V_v$  : Volumen de vacíos entre partículas.

$V_{ag}$  : Volumen agregados =  $V_s + V_p$  (sin vacíos entre partículas)

$A$  : Peso de los sólidos.

$B$  : Peso en el aire saturada superficialmente =  $A + V_p \times D_a$ .

$C$  : Peso saturado superficialmente seco sumergido en agua =  $A - V_a \times D_c$

- **Peso unitario**

Es el resultado de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos. Al incluir los espacios entre partículas influye la forma de acomodo de estos. El procedimiento para su determinación se encuentra normalizado en ASTM C 29 y NTP 400.017. Es un valor útil sobre todo para hacer las transformaciones de pesos a volúmenes y viceversa. Por ejemplo para un agregado grueso pesos unitarios altos significan que quedan muy pocos huecos por llenar con arena y cemento. (Torre, 2004)

- **Porcentaje de vacíos**

Es la medida de volumen expresado en porcentaje de los espacios entre las partículas de agregados, depende del acomodo de las partículas por lo que su valor es relativo como en el caso del peso unitario. Se evalúa usando la siguiente expresión recomendada por ASTM C 29. (Torre, 2004)

$$\% V = \frac{(S \times W - P.U.C)}{S \times W} \times 100 \quad I-5$$

Donde:

$S$  : Peso específico de masa

$W$  : Densidad del agua

$P.U.C.$ : Peso Unitario Compactado seco del agregado

- **Absorción**

Es la capacidad de los agregados de llenar con agua los vacíos al interior de las partículas. El fenómeno se produce por capilaridad, no llegándose a llenar absolutamente los poros indicados pues siempre queda aire atrapado.

Tiene importancia pues se refleja en el concreto reduciendo el agua de mezcla, con influencia en las propiedades resistentes y en la trabajabilidad, por lo que es necesario tenerla siempre en cuenta para hacer las correcciones necesarias. (Pasquel, 1999)

Las normas ASTM C-127 y 128, establecen la metodología para su determinación expresada en la siguiente fórmula:

$$\% a \quad \text{ón} = \frac{P \quad S.S.S - P \quad s}{P \quad s} \quad I-6$$

- **Porosidad**

La palabra porosidad viene de poro que significa espacio no ocupado por materia sólida en la partícula de agregado es una de las más importantes propiedades del agregado por su influencia en las otras propiedades de éste, puede influir en la estabilidad química, resistencia a la abrasión, resistencias mecánicas, propiedades elásticas, gravedad específica, absorción y permeabilidad. (Torre, 2004)

Los valores usuales en agregados normales pueden oscilar entre 0 y 15% aunque por lo general el rango común es del 1 al 5%. En agregados ligeros, se pueden tener porosidades del orden del 15 al 50%. (Pasquel, 1998)

- **Humedad**

Es la cantidad de agua superficial retenida por la partícula, su influencia está en la mayor o menor cantidad de agua necesaria en la mezcla se expresa de la siguiente forma: (Torre, 2004)

$$\% hu = \frac{P_n - P_s}{P_s} \times 100 \quad /-7$$

**b. Propiedades resistentes**

Están constituidas por aquellas propiedades que le confieren la capacidad de soportar esfuerzos o tensiones producidos por agentes externos. (Pasquel, 1998)

- **Resistencia**

La resistencia de los agregados depende de su composición, textura y estructura y la resistencia del concreto no puede ser mayor que el de los agregados; Si los granos de los agregados no están bien cementados unos a otros consecuentemente serán débiles. La resistencia al chancado o compresión del agregado deberá ser tal que permita la resistencia total de la matriz cementante. (Torre, 2004)

Capacidad de asimilar la aplicación de fuerzas de compresión, corte, tracción y flexión. Normalmente se mide por medio de la resistencia en compresión, para lo cual se necesita ensayar testigos cilíndricos o

cúbicos de tamaño adecuado al equipo de ensayo, que se perforan o cortan de una muestra lo suficientemente grande.

La resistencia en compresión está inversamente relacionada con la porosidad y la absorción y directamente con el peso específico.

Agregados normales con Peso específico entre 2.5 a 2.7, tienen resistencias en compresión del orden de 750 a 1,200 Kg/cm<sup>2</sup>

Los agregados ligeros con Peso específico entre 1.6 a 2.5 usualmente manifiestan resistencias de 200 a 750 Kg/cm<sup>2</sup>.

La resistencia del agregado condiciona en gran medida la resistencia del concreto, por lo que es fundamental el evaluarla directa o indirectamente cuando se desea optimizar la calidad de los concretos.

(Pasquel, 1998)

- **Tenacidad**

Esta característica está asociada con la resistencia al impacto del material. Está directamente relacionada con la flexión, angularidad y textura del material. Su estimación es más cualitativa que cuantitativa (Torre, 2004)

- **Dureza**

Se define como dureza de un agregado a su resistencia a la erosión abrasión o en general al desgaste. La dureza de las partículas depende de sus constituyentes.

Entre las rocas a emplear en concretos éstas deben ser resistentes a procesos de abrasión o erosión y pueden ser el cuarzo, la cuarcita, las rocas densas de origen volcánico y las rocas silicosas. (Torre, 2004)

- **Módulo de elasticidad**

Es definido como el cambio de esfuerzos con respecto a la deformación elástica, considerándosele como una medida de la resistencia del material a las deformaciones.

Es muy inusual su determinación en los agregados sin embargo el concreto experimentara deformaciones por lo que es razonable intuir que los agregados también deben tener elasticidades acordes al tipo de concreto. El valor del módulo de elasticidad además influye en el escurrimiento plástico y las contracciones que puedan presentarse. (Torre, 2004)

**Tabla I-9:** *Valores de módulo de elasticidad*

<b>Tipo de agregado</b>	<b>Módulo elástico</b>
Granitos	610000 kg/cm <sup>2</sup>
Arenisca	310000 kg/cm <sup>3</sup>
Calizas	280000 kg/cm <sup>4</sup>
Diabasas	860000 kg/cm <sup>5</sup>
Gabro	860000 kg/cm <sup>6</sup>

Fuente: (Torre 2004)

### **c. Propiedades térmicas**

Condicionan el comportamiento de los agregados ante el efecto de los cambios de temperatura. Estas propiedades tienen importancia básica en el concreto pues el calor de hidratación generado por el cemento, además de los cambios térmicos ambientales actúan sobre los agregados

provocando dilataciones, expansiones, retención o disipación de calor según sea el caso.

Las propiedades térmicas están afectadas por la condición de humedad de los agregados, así como por la porosidad, por lo que sus valores son bastante variables. (Pasquel, 1998)

- **Coeficiente de expansión**

Cuantifica la capacidad de aumento de dimensiones de los agregados en función de la temperatura, depende mucho de la composición y estructura interna de las rocas y varía significativamente entre los diversos tipos de roca. En los agregados secos es alrededor de un 10% mayor que en estado parcialmente saturado. Los valores oscilan normalmente entre  $0.9 \times 10^{-6}$  a  $8.9 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ . (Torre, 2004)

- **Calor específico**

Es la cantidad de calor necesaria para incrementar en un grado centígrado la temperatura. No varía mucho en los diversos tipos de roca salvo en el caso de agregados muy ligeros y porosos. Es del orden de 0.18 cal/gr.  $^\circ\text{C}$ . (Torre, 2004)

- **Conductividad térmica**

Es la mayor o menor facilidad para conducir el calor. Está influenciada básicamente por la porosidad siendo su rango de variación relativamente estrecho. Los valores usuales en los agregados son de 1.1 a 2.7 Btu/ pie.hr. $^\circ\text{F}$ . (Pasquel, 1998)

- **Difusividad**

Representa la velocidad con que se pueden producir cambios térmicos dentro de una masa. Se expresa como el cociente de dividir la conductividad entre el producto de calor específico por la densidad. (Torre, 2004)

**d. Propiedades químicas**

Los agregados, también llamados inertes, son en general sumamente resistentes al ataque de agentes químicos, siendo importante establecer que cualquier agresión de este tipo debe ser en forma de solución para que tenga la posibilidad de surtir algún efecto.

Existe una forma de ataque químico sobre los agregados, que es la más importante desde el punto de vista de sus consecuencias en la durabilidad del concreto y que es producida por la reacción de ciertos agregados con los álcalis del cemento produciendo compuestos expansivos. (Pasquel, 1998)

- **Reacción álcali-sílice**

Los álcalis en el cemento están constituidos por el óxido de sodio y de potasio quienes en condiciones de temperatura y humedad pueden reaccionar con ciertos minerales, produciendo un gel expansivo normalmente para que se produzca esta reacción es necesario contenidos de álcalis del orden del 0.6% temperaturas ambientes de 30°C y humedades relativas de 80% y un tiempo de 5 años para que se evidencie la reacción. Existen pruebas de laboratorio para evaluar estas reacciones que se encuentran definidas en ASTM C227, ASTM

C289, ASTM C-295 y que permiten obtener información para calificar la reactividad del agregado. (Torre, 2004)

- **Reacción álcali-carbonatos**

Se produce por reacción de los carbonatos presentes en los agregados generando sustancias expansivas, en el Perú no existen evidencias de este tipo de reacción. Para la evaluación de esta característica se encuentran normalizados en ASTM C-586. (Torre, 2004)

#### 1.4.5. NORMAS Y REQUISITOS DE AGREGADOS PARA CONCRETOS

##### a. Requisitos obligatorios

- **Granulometría**

Los agregados finos y gruesos según la norma ASTM C-33, y NTP 400.037 deberán cumplir con las GRADACIONES establecidas en la NTP 400.012. (Torre, 2004)

**Tabla I-10:** Requisitos granulométricos para el agregado fino

Tamiz	Límites totales	% Pasa por los tamices normalizados		
		C	M	F
9.5mm (3/8")	100	100	100	100
4.75mm (N°4)	95-100	95-100	85-100	89-100
2.38mm (N°8)	80-100	80-100	65-100	80-100
1.20mm (N°16)	50-85	50-85	45-100	70-100
0.60mm (N°30)	25-60	25-60	25-80	55-100
0.30mm (N°50)	05-30	10-30	05-48	05-70
0.15mm (N°100)	0-10	02-10	0-12*	0-12*

\* Incrementar 15% cuando se trata de agregado fino triturado, excepto cuando se usa para pavimentos de alta resistencia

**Fuente:** NTP. 400.037 y 400.012

**Tabla I-11:** Requisitos granulométricos para el agregado grueso

Tamaño nominal	% paso por los tamices normalizados												
	100mm	90mm	75mm	63mm	50mm	37.5mm	25mm	19mm	12.5mm	9.5mm	4.75mm	2.36mm	1.18mm
	(4")	(31/2")	(3")	(21/2")	(2")	(11/2")	(1")	(3/4")	(1/2")	(3/8")	(N° 4)	(N° 8)	(N° 16)
90mm a 37.5mm (3 1/2" a 1 1/2")	100	90 a 100		25 a 60		0 a 15		0 a 5					
63mm a 37.5mm (2 1/2" a 1 1/2")			100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5					
50mm a 25mm (2" a 1")				100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5				
50mm a 4.75mm (2" a N°4)				100	95 a 100		35 a 70		10 a 30		0 a 5		
37.5mm a 19mm (1 1/2" a 3/4")					100	90 a 100	20 a 55	0 a 15		0 a 5			
37.5mm a 4.75mm (1 1/2" a N°4)					100	95 a 100		35 a 70		10 a 30	0 a 5		
25mm a 12.5mm (1" a 1/2")						100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5			
25mm a 9.5mm (1" a 3/8")						100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5		
25mm a 4.75mm (1" a N°4)						100	95 a 100		25 a 65		0 a 10	0 a 5	
19mm a 9.5mm (3/4" a 3/8")							100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5		
19mm a 4.75mm (3/4" a N°4)							100	90 a 100		20 a 55	0 a 10	0 a 5	
12.5mm a 4.75mm (1/2" a N°4)								100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	
9.5mm a 2.38mm (3/8" a N°8)									100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5

Fuente: NTP. 400.037 y 400.012

Además del tamaño máximo también es importante que la cantidad de granos de menor tamaño esté bien balanceada en la composición total del agregado. Los agregados con falta de esos tamaños tienen una mayor cantidad de espacios vacíos entre sus partículas y puestos en el concreto requerirán más cantidad de pasta. Además, en dichos concretos la piedra tiende a separarse con mayor facilidad. Para evitar estas situaciones, la norma establece curvas granulométricas entre las que debe quedar comprendido el agregado a usar en el concreto.

- **Sustancias dañinas**

Se prescribe también que las sustancias dañinas, no excederán los porcentajes máximos siguientes: (Torre, 2004)

Tabla I-12: *Sustancias dañinas*

Descripción	Agregados	
	Fino	Grueso
Partícula deleznable máx. porcentaje	3%	3%
Material más fino que el tamiz N°200	5%	1%
Carbón y lignito	0.50%	0.50%

Fuente: N.T.P. N°400.037

- **Materia orgánica**

El agregado fino que no demuestre presencia nociva de materia orgánica cuando se determine conforme el ensayo colorimétrico (impurezas orgánicas NTP. 400.013) de carácter cualitativo, se deberá considerar satisfactorio. Mientras que el agregado fino que no cumpla con el ensayo anterior, podrá ser usado si al determinarse el efecto de las impurezas orgánicas sobre la resistencia de morteros NTP. 400.024. La resistencia relativa a los 7 días no es menor de 95%. (Torre, 2004)

## b. Requisitos complementarios

Los agregados que serán utilizados en concretos de  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$  de resistencia de diseño y mayores, así como los utilizados en pavimentos deberán cumplir además de los requisitos obligatorios, los siguientes:

- **El índice de espesor**

Índice de espesor del agregado grueso no será mayor de 50 en el caso de agregado natural y de 35 para grava triturada.

Es conocido que los agregados de forma plana, es decir con dos dimensiones preponderantes, originan concretos difícilmente trabajables y de baja compacidad.

La norma establece una relación de límite entre el grosor (G) y el espesor (E). (Torre, 2004)

- **Resistencia mecánica**

La resistencia mecánica del agregado, determinada conforme a la norma NTP 400.020 y NTP 400.038, será tal que los valores no excedan a los siguientes:

**Tabla I-13:** Resistencia mecánica

<b>Tipo de resistencia mecánica</b>	<b>No mayor que %</b>
Abrasión (Método de los ángeles)	50
Valor de impacto del agregado	30

Fuente: NTP. N° 400.020 y 400.038

La especificación de forma; en nuestro medio, recoge los estudios realizados en Estados Unidos y Europa (donde ésta característica es normalizada), confrontando con la experiencia nacional. (Torre, 2004)

- **Granulometría del agregado fino**

Deberá corresponder a la gradación “C” de la tabla; se permitirá el uso de agregado que no cumpla con la gradación siempre y cuando existan estudios calificados a satisfacción de las partes que aseguren que el material producirá concreto de la calidad requerida. (Torre, 2004)

- **Inalterabilidad del agregado ( Durabilidad)**

El agregado utilizado en concreto y sujeto a la acción de congelación y deshielo, deberá cumplir además de los requisitos obligatorios, el requisito de resistencia a la desintegración, por medio de soluciones saturadas de sulfato de sodio o sulfato de magnesio. La pérdida promedio de masa después de 5 ciclos no deberá exceder de los siguientes valores: (Torre, 2004)

**Tabla I-14:** Durabilidad mecánica del agregado

<b>Agregado fino</b>		<b>Agregado grueso</b>	
Si se utiliza solución de sulfato de sodio	Si se utiliza solución sulfato de magnesio	Si se utiliza solución de sulfato de sodio	Si se utiliza solución sulfato de magnesio
10%	15%	12%	18%

Fuente: NTP. N° 400.037

**c. Requisitos opcionales**

El agregado utilizado en concreto sujeto permanentemente a la humedad o en contacto con suelos húmedos, no deberá contener sustancias dañinas que reaccionen químicamente con los álcalis del cemento, por cuanto producen expansiones excesivas en el concreto.

En caso de estar presente tales sustancias, el agregado puede ser utilizado con cementos que puedan tener menos del 0,6% de álcalis calculados como óxido de sodio ( $\text{Na}_2\text{O} + 0,658 \text{K}_2\text{O}$ ), con el añadido de un

material que prevenga la expansión dañina debido a la reacción álcali-agregado.

La reacción álcali-agregado es un problema común en Estados Unidos, lo que ha originado importantes investigaciones al respecto. Sin embargo en nuestro país pocas veces se han registrado estos casos.

De presumirse la presencia de sales solubles en el agregado en especial al tratarse de lugares vecinos al mar, descargas de afluentes industriales, etc. el agregado para concreto deberá cumplir con los siguientes límites admisibles expresados en porcentaje total en peso, referidos a resultados obtenidos en ambos agregados.

**Tabla I-15:** *Requisito opcional*

<b>Contenido de sulfato</b>	<b>Valores máximos</b>
Concreto pretensado	0.02% (200ppm)
Concreto armado	0.06% (600ppm)

**Fuente:** (Torre 2004)

Para proteger al acero de la corrosión en el concreto armado pretensado, los reglamentos estipulan un máximo de ión cloro como suma total de todos los componentes (agua, agregados y cementos). El código del ACI especifica el porcentaje, (en peso del cemento), del máximo ión de cloro como suma de todos los componentes:

**Tabla I-16:** *Contenido de ion cloruro en el concreto*

<b>Tipos de concreto</b>	<b>% en peso máx del ión cloruro</b>
Concreto pretensado	0.06%
Concreto armado expuesto a cloruros	0.15%
Concreto armado seco y protegido	1%
Otras construcciones de concreto armado	0.30%

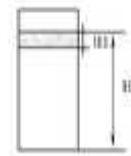
**Fuente:** (Torre 2004)

El equivalente de arena del agregado utilizado en concretos de  $f'c = 210$  Kg/cm<sup>2</sup> de resistencia de diseño o mayores, deberá ser igual o mayor a 75. Para otros concretos, el equivalente de arena será igual o mayor a 65.

Este método es una opción con respecto al requisito del material más fino que pasa el tamiz N°. 200, en especial cuando los muy finos no tienen carácter perjudicial.

El ensayo fue desarrollado por el Laboratorio de Caminos del Estado de California, tiene en la actualidad aplicación internacional. La prueba consiste en agitar cierta cantidad de arena en una probeta con una solución de lavado de floculante, dejando reposar la mezcla. El valor del equivalente de la arena se calcula con la expresión: (Torre, 2004)

$$E = 100 \times \frac{H_1}{H_2}$$



I-8

Siendo:

$H_1$  = Altura del sedimento

$H_2$  = Altura total

#### 1.4.6. AGREGADO GLOBAL (NTP 400.037)

La norma contiene un apéndice y a manera de información acerca de husos granulométricos considerados óptimos, para los proporcionamientos de finos y gruesos en el diseño de mezclas, dentro de los cuales se pueden obtener concretos trabajables y compactos. Esta información tiene carácter de orientación y en ningún caso es prescriptiva. (Torre, 2004)

El agregado global es aquel material compuesto de agregado fino y grueso, cuya granulometría cumple con los límites dados:

**Tabla I-17:** Requisito granulométrico del agregado global

Tamiz	Porcentaje en peso que pasa		
	Tamaño nominal 37.5mm (1 1/2in)	Tamaño nominal 19.0mm (3/4in)	Tamaño nominal 9.5mm (3/8in)
50mm (2")	100	-	-
37.5mm (1 1/2")	95 a 100	100	-
19mm (3/4")	45 a 80	95 a 100	-
12.5mm (1/2")	-	-	100
9.5mm (3/8")	-	-	95 a 100
4.75mm (N° 4)	25 a 50	35 a 55	30 a 65
2.36mm (N° 8)	-	-	20 a 50
1.18mm (N° 16)	-	-	15 a 40
600µm (N° 30)	8 a 30	10 a 35	10 a 30
300µm (N° 50)	-	-	5 a 15
150µm (N° 100)	0 a 8*	0 a 8*	0 a 8*

*\*Incrementar a 10% para los finos de roca triturada*

**Fuente:** NTP. 400.37 y 400.012

## 1.5. ADITIVOS PARA EL CONCRETO

### 1.5.1. DEFINICION

Un aditivo es definido, tanto por el Comité 116R del ACI como por la norma ASTM C 125, como “un material que no siendo agua, agregado, cemento hidráulico, o fibra de refuerzo, es empleado como un ingrediente del mortero o concreto, y es añadido a la tanda inmediatamente antes o durante su mezclado”.

Nuestra Norma Técnica Peruana NTP 339.086 define a los aditivos como sustancias añadidas a los componentes fundamentales del concreto con el propósito de modificar alguna de sus propiedades.

Los aditivos se añaden a las mezclas de concreto generalmente durante el proceso de mezclado con el propósito de:

- Modificar una o algunas de sus propiedades NTP, a fin de permitir que sean más adecuados para el trabajo solicitado.
- Mejorar su trabajabilidad facilitando su proceso de colocación.
- Posibilitar el rendimiento en la elaboración, transporte y puesta en obra del concreto.
- Lograr mayor economía y mejores resultados, por cambios en la composición o proporciones de la mezcla. (Cachay, 2004)

#### **1.5.2. CONDICIONES DE EMPLEO**

Los aditivos utilizados deberán cumplir con los requisitos de las normas ASTM o NTP correspondientes. Su empleo deberá estar indicado en las especificaciones del proyecto, o ser aprobado por la supervisión.

La norma establece para cada uno de los aditivos requisitos para comprobar las modificaciones aportadas por el aditivo en las siguientes propiedades del concreto:

- Cantidad de agua.
- Tiempo de fragua.
- Resistencia a compresión.
- Resistencia a flexión.
- Deformación por contracción.
- Inalterabilidad ( durabilidad)

Indicándonos en cada caso valores mínimos esperados según la clasificación o tipo de aditivo que se esté usando.

Para el caso de los aditivos incorporadores de aire este es obligatorio en concretos que, en cualquier etapa de su vida, pueden estar expuestos a temperaturas ambiente menores de 0°C. En otros casos, el empleo de estos aditivos es opcional y a criterio del especialista. (Cachay, 2004)

### **1.5.3. RAZONES DE EMPLEO**

Entre las principales razones de empleo de aditivos, para modificar las propiedades del concreto fresco, se puede mencionar:

- Reducción en el contenido de agua de la mezcla, que trae como consecuencia ahorro en la cantidad de cemento para una misma relación a/c (caso de los plastificantes y súper plastificantes).
- Se logra obtener algunas propiedades en el concreto de manera más efectiva que utilizando otros medios.
- Incremento en la trabajabilidad sin modificación del contenido de agua; o disminución del contenido de agua sin modificación de la trabajabilidad.
- Reducción, incremento o control del asentamiento.
- Aceleración o retardo del tiempo de fraguado inicial.
- Modificación de la velocidad y/o magnitud de la exudación.
- Reducción o prevención de la segregación; o desarrollo de una ligera expansión.
- Mejora en la facilidad de colocación y/o bombeo de las mezclas.

- Asegurar la calidad de concreto durante las etapas de mezclado, transporte, colocación y curado del concreto.

Entre las principales razones de empleo de los aditivos para modificar las propiedades de los concretos, morteros o lechada endurecidos se puede mencionar:

- Retardo en el desarrollo del calor de hidratación o reducción en la magnitud de éste durante el endurecimiento inicial.
- Aceleración en la velocidad de desarrollo de la resistencia inicial y/o final del concreto y en el incremento de la misma.
- Incremento en la durabilidad (resistencia a condiciones severas de exposición).
- Disminución de la permeabilidad del concreto.
- Control de la expansión debida a la reacción álcali-agregados.
- Incremento en las adherencias acero-concreto; y concreto antiguo-concreto fresco.
- Incremento en las resistencias al impacto y/o la abrasión.
- Control de corrosión de los demonios metálicos embebidos en el concreto.
- Producción de concretos o morteros celulares.
- Producción de concretos o morteros coloreados. (Cachay, 2004)

#### **1.5.4. CLASIFICACION DE LOS ADITIVOS**

No es fácil clasificar los aditivos, debido a que pueden ser clasificados genéricamente o con relación a los efectos característicos derivados de su

empleo; pueden modificar más de una propiedad del concreto; así como diversos productos en el mercado no cumplen las mismas especificaciones.

Adicionalmente debe indicar que los aditivos comerciales pueden contener en su composición materiales los cuales, separadamente podrían ser incluidos en dos o más grupos, o podrían ser cubiertos por dos o más normas ASTM.

De acuerdo a la norma ASTM C 494, los aditivos se clasifican en:

- TIPO A: Reductores de agua.
- TIPO B: Retardadores de fragua.
- TIPO C: Acelerantes.
- TIPO D: Reductores de agua - retardadores de fragua.
- TIPO E: Reductores de agua - acelerantes.
- TIPO F: Súper Reductores de agua.
- TIPO G: Súper Reductores de agua - acelerantes. (Cachay, 2004)

#### **1.5.5. REQUISITOS DE LA NORMA**

Las normas ASTM C - 260 y C - 494, establece para cada uno de los aditivos mencionados, los requisitos para comprobar las modificaciones aportadas por un aditivo sobre alguna de las siguientes propiedades del concreto:

- a. Requerimiento de agua.
- b. Tiempo de fraguado.
- c. Resistencia a la compresión.
- d. Resistencia a la flexión.
- e. Deformación por contracción.
- f. Inalterabilidad (durabilidad). (Cachay, 2004)

**Tabla I-18:** Requisito para los aditivos según la norma ASTM C494

	Tipo A	Tipo B	Tipo C	Tipo D	Tipo E	Tipo F	Tipo G
	Reductor de agua	Retardador	Acelerador	Reductor de agua	reductor de agua	Reductor de agua	Reductor de agua
Contenido de agua % del control. Desviación permisible respecto	95			95	95	88	88
Fraguado inicial:							
No menos de...		01:00 después	01:00 después	01:00 después	01:00 antes		01:00 después
No más de...	1:00 antes pero no 1:30 después	03:30 después	03:30 antes	03:30 después	03:30 antes	1:00 antes pero no 1:30 después	03:30 después
Fraguado final							
No menos de...			01:00 antes		01:00 antes		
No más de...	1:00 antes pero no 1:30 después	03:30 después		03:30 después		1:00 antes pero no 1:30 después	03:30 después
Resistencia a la compresión mínima % con respecto al control							
1 días	-	-	-	-	-	140	125
3 días	110	90	125	110	125	125	125
7 días	110	90	100	110	110	115	115
28 días	110	90	100	110	110	110	110
6 meses	100	90	90	100	100	100	100
1 año	100	90	90	100	100	100	100
Resistencia a la flexión mínima % con respecto al control							
3 días	100	90	110	100	110	110	110
7 días	100	90	100	100	100	100	100
28 días	100	90	90	100	100	100	100
Cambio de longitud, máxima contracción (requisitos alternativos).							
Porcentaje de control	135	135	135	135	135	135	135
Aumento con respecto al control	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
Factor de durabilidad relativa mínima	80	80	80	80	80	80	80

Fuente: Norma ASTM C-494

**Notas:**

- a. Los valores de la tabla incluyen la tolerancia para las variaciones normales en los resultados de los ensayos. El objeto de requisitos de un 90% de resistencia a la compresión para los aditivos Tipo B es exigir un nivel de comportamiento comparable al concreto de referencia.
- b. La resistencia a la compresión y a la flexión del concreto que contiene el aditivo bajo ensayo a cualquier edad, no debe ser menor que el 90 % de la obtenida en cualquier ensayo a edad previa. El objeto de este límite es garantizar que la resistencia a la compresión o flexión del concreto que contiene el aditivo bajo ensayo, no disminuya con el tiempo.
- c. Requisitos alternativos. El porcentaje del límite de control en la mezcla de referencia se aplica cuando el cambio en la longitud del control es 0,030% o mayor; el aumento con respecto al control se aplica cuando el cambio en la longitud del control es menor que 0,030%.
- d. Este requisito se aplica únicamente cuando el aditivo se utiliza en concreto con aire incorporado, el cual puede estar expuesto a condiciones de congelamiento y descongelamiento cuando está húmedo.

**1.6. EL CONCRETO****1.6.1. DEFINICIÓN**

El concreto es un material de uso común, o convencional y se produce mediante la mezcla de tres componentes esenciales, cemento, agua y agregados, a los cuales eventualmente se incorpora un cuarto componente que genéricamente se designa como aditivo.

Al mezclar estos componentes y producir lo que se conoce como concreto, se introduce de manera simultánea un quinto participante representado por el aire.

La mezcla íntima de los componentes del concreto convencional produce una masa plástica que puede ser moldeada y compactada con relativa facilidad; pero gradualmente pierde esta característica hasta que al cabo de algunas horas se torna rígida y comienza a adquirir el aspecto, comportamiento y

propiedades de un cuerpo sólido, para convertirse finalmente en el material mecánicamente resistente que es el concreto endurecido.

El concreto convencional en estado fresco, es un conjunto de fragmentos de roca, globalmente definidos como agregados, dispersos en una matriz viscosa constituida por una pasta de cemento de consistencia plástica.

Las características físicas y químicas de este material están definidas por las características de sus componentes.(Torre 2004)

### **1.6.2. IMPORTANCIA**

Actualmente el concreto es el material de construcción de mayor uso ,sin embargo si bien en su calidad final depende en forma importante del conocimiento profundo del material así como del profesional , las posibilidades de uso del concreto son cada día mayores pudiendo en la actualidad ser utilizados para una amplia variedad de propósitos. (Torre, 2004)

### **1.6.3. INGREDIENTES DEL CONCRETO**

El concreto fresco es una mezcla semilíquida de cemento portland, arena (agregado fino), grava o piedra triturada (agregado grueso) y agua. Mediante un proceso llamado hidratación, las partículas del cemento reaccionan químicamente con el agua y el concreto se endurece y se convierte en un material durable. Cuando se mezcla, se hace el vaciado y se cura de manera apropiada, el concreto forma estructuras sólidas capaces de soportar las temperaturas extremas del invierno y del verano sin requerir de mucho mantenimiento. El material que se utilice en la preparación del concreto afecta la facilidad con que pueda vaciarse y con la que se le pueda dar el acabado;

también influye en el tiempo que tarde en endurecer, la resistencia que pueda adquirir, y lo bien que cumpla las funciones para las que fue preparado.

Además de los ingredientes de la mezcla de concreto en sí misma, será necesario un encofrado y refuerzo de acero para construir estructuras sólidas. El encofrado generalmente se construye de madera y puede hacerse con ella desde un sencillo cuadrado hasta formas más complejas, dependiendo de la naturaleza del proyecto. El acero reforzado puede ser de alta o baja resistencia, características que dependerán de las dimensiones y la resistencia que se requieran. El concreto se vacía en los encofrados con la forma deseada y después la superficie se alisa y se le da el acabado correspondiente con diversas texturas. (Torre, 2004)

#### **1.6.4. REQUISITOS DE LA MEZCLA**

Las mezclas de concreto deberán cumplir con los siguientes requisitos básicos:

- La mezcla recién preparada deberá tener la trabajabilidad, consistencia y cohesividad que permitan su adecuada colocación en los encofrados.
- Esta mezcla deberá estar libre de segregación y tener exudación mínima.
- La mezcla endurecida deberá tener las propiedades especificadas en función del uso que se va a dar a la estructura.
- El costo de la unidad cúbica de concreto endurecido deberá ser el mínimo compatible con la calidad deseada. (Torre, 2004)

### 1.6.5. COMPOSICION DEL CONCRETO

El concreto endurecido se compone de: La pasta y el agregado

#### a. La pasta

La pasta de cemento (cemento más agua), por su parte, llena los espacios libres entre partículas de áridos, y durante el proceso de fraguado genera cristales hidratados que unen químicamente las partículas de agregados. La formación de estos cristales es una reacción química exotérmica (genera calor) que siempre requiere de agua para que tenga lugar, siendo mucho más intensa la reacción (la creación de los cristales cohesivos) en los primeros días posteriores a la fabricación del hormigón, y luego va disminuyendo progresivamente en su intensidad con el tiempo. Normalmente, dentro del hormigón, una parte del cemento no alcanza a combinarse con el agua, por lo que permanece como cemento no hidratado. (Torre, 2004)

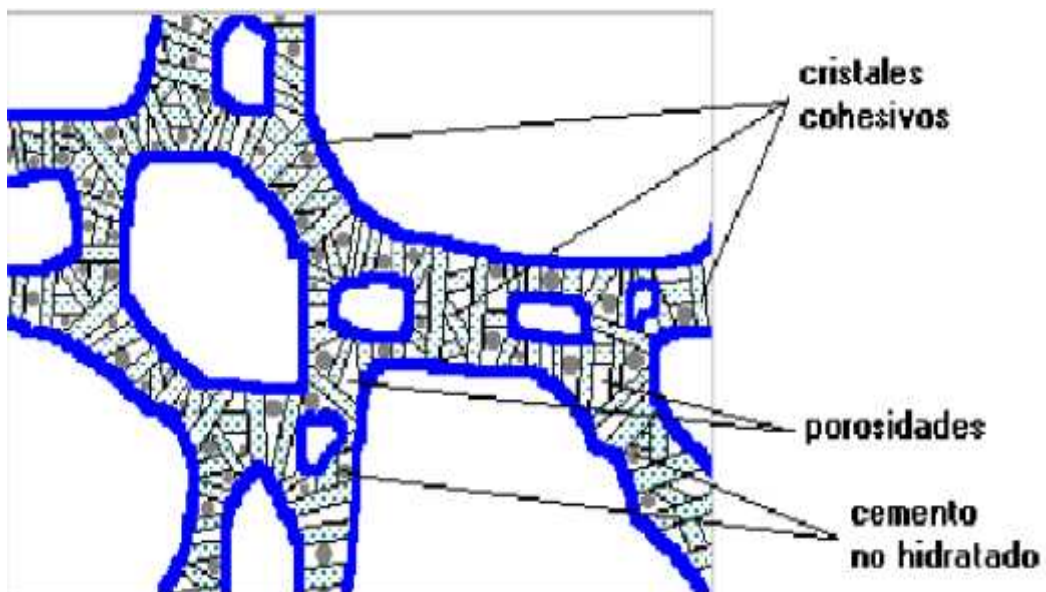


Figura I-2: Reacción química del cemento con el agua

Fuente: (Torre 2004)

Comprende a cuatro elementos fundamentales:

- El gel, nombre con el que se conoce al producto resultante de la reacción química e hidratación del cemento. Para asegurar que las reacciones de fraguado continúen, a partir del endurecimiento inicial del hormigón (que normalmente se produce en las primeras doce horas después del mezclado), se requiere dotar continuamente de agua de curado al hormigón, la que sirve para reponer el agua de amasado evaporada por el calor emanado como producto de las reacciones químicas.
- Los poros incluidos en ella.
- El cemento hidratado si lo hay.
- Los cristales de hidróxido de calcio, o cal libre que pueden haberse formado durante la hidratación del cemento.

#### **a.1. Función de la pasta**

- Contribuir a dar las propiedades requeridas al producto endurecido.
- Separa las partículas del agregado.
- Llenar los vacíos entre las partículas de agregado y adherirse fuertemente a ellas.
- Proporcionar lubricación a la masa cuando está aún no ha endurecido.

#### **a.2. Propiedades de la pasta**

Las propiedades de la pasta dependen:

- Las propiedades físicas y químicas del cemento.
- Las proporciones relativas de cemento y agua en la mezcla.

- El grado de hidratación del cemento dado por la efectividad de la combinación química entre este y el agua.

### **a.3. Influencia de la pasta de concreto**

- El comportamiento del concreto como material de construcción está directamente influenciado por las características de la pasta y las propiedades finales de las mismas; sin desconocer el papel del agregado en las características finales del concreto.
- Para un cemento dado, las características y porosidad de la pasta dependen fundamentalmente de la relación agua cemento y del grado de hidratación del cemento, siendo mejores las propiedades del concreto y menor su porosidad cuanto más baja es la relación agua cemento de una mezcla trabajable y cuanto mayor es el grado de hidratación del cemento.

### **b. El gel**

Se define como gel a la parte sólida de la pasta la cual es el resultado de la reacción química del cemento con el agua durante el proceso de hidratación.

El gel es una aglomeración porosa de partículas sólidamente entrelazadas en su mayoría escamosas o fibrosas el conjunto de las cuales forma una red eslabonada que contiene material más o menos amorfos.

La composición del gel comprende: La masa cohesiva del cemento hidratado en estado de pasta densa, el hidróxido de calcio cristalino y los poros gel.

El gel desempeña el papel más importante en el comportamiento del concreto especialmente en su resistencia mecánica y su elasticidad, donde intervienen dos clases de adherencia cohesivas; Atracción física y adherencia química. (Torre 2004)

#### **1.6.6. HIDRATACIÓN Y CURADO DEL CONCRETO**

##### **a. Hidratación**

Se define como hidratación al proceso de reacción química del cemento en presencia del agua. La hidratación requiere de presencia de humedad condiciones de curado favorables y tiempo. (Torre, 2004)

Los componentes ya mencionados anteriormente, al reaccionar con el agua forman hidróxidos e hidratos de calcio complejos.

La velocidad con que se desarrolla la hidratación es directamente proporcional a la finura del cemento e inversamente proporcional al tiempo, por lo que inicialmente es muy rápida y va disminuyendo paulatinamente con el transcurso de los días, aunque nunca se llega a detener. (Pasquel, 1998)

##### **b. Curado**

Se define como tiempo de curado al periodo durante el cual el concreto es mantenido en condiciones de humedad y temperatura tales como para lograr la hidratación del cemento en la magnitud que se desea para alcanzar la resistencia seleccionada. (Torre 2004)

### **1.6.7. POROSIDAD DE LA PASTA**

Existen vacíos denominados poros los cuales no contienen materia sólida aunque bajo determinadas circunstancias algunos podrían estar totalmente llenos de agua. Se pueden clasificar en cuatro categorías definidas por el origen, tamaño promedio o ubicación, los poros pueden ser:

#### **a. Poros por aire atrapado.**

Durante el proceso de mezclado una pequeña cantidad de aire del orden del 1% es aportada por los materiales y queda atrapada en la masa del concreto, no siendo eliminada por los procesos de mezclado, colocación o compactación éstos espacios que este aire forma en la masa de concreto son parte inevitable de toda pasta, y contribuyen a la disminución de la resistencia y durabilidad del concreto, varían en tamaños de aquellos que son perceptibles a simple vista a aquellos de un centímetro o más de diámetro. (Torre 2004)

#### **b. Poros por aire incorporado.**

Por razones de incremento en la durabilidad del concreto se puede incorporar intencionalmente aire mediante el empleo de aditivos químicos, minúsculas burbujas de aire las cuales se conocen como poros de aire incorporado.

Las burbujas de aire incorporado son de perfil esférico con valores promedio de 0.10 mm su volumen puede ocupar hasta más del 5%.

La razón principal del empleo de burbujas incorporadas es que este sistema de poros espaciados permite un incremento significativo de la durabilidad del concreto al crear un gran número de cámaras en las que

se puede congelar el agua presente en los poros capilares evitando que las tensiones por expansión contribuyan a agrietar el concreto. (Torre 2004)

### **c. Poros capilares.**

Se define como poros capilares a los espacios originalmente ocupados por el agua en el concreto fresco, los cuales en el proceso de hidratación del cemento no han sido ocupados por el gel.

El gel solo puede desarrollarse en los espacios originalmente llenos de agua. Por tanto si la relación agua-cemento es alta o el curado es pobre la cantidad de espacios ocupables por el gel será durante el proceso de hidratación quedando los espacios residuales en la condición de poros capilares. La importancia de estos poros radica en:

- Conforme aumentan, disminuyen las resistencias mecánicas de la pasta endurecida.
- Aumentan la porosidad, permeabilidad y capacidad de absorción de la pasta. (Torre 2004)

## **1.6.8. CLASIFICACION DEL CONCRETO**

### **a. Por el peso específico:**

- Ligero, cuyo peso unitario se encuentre entre 1200 – 2000 Kg/m<sup>3</sup>.
- Normal, cuyo peso unitario se encuentre entre 2000 – 2800 Kg/m<sup>3</sup>.
- Pesado, cuyo peso unitario se encuentre entre >2800 Kg/m<sup>3</sup>. (Torre 2004)

**b. Según su aplicación:**

- Simple: Concreto sin ninguna armadura. Buena resistencia a compresión.
- Armado: Con acero. Buena resistencia a compresión y a flexión.
- Pretensado: Resistencia a tracción: viguetas.
- Postensado: Resistencia a tracción: se introducen fundas. (Torre 2004)

**c. Por su composición:**

- Ordinario.
- Ciclópeo: con áridos de 50 cm.
- Cascotes: hormigón de desechos y ladrillos.
- Inyectado: en un molde el agregado y le metemos la pasta árido >25 mm.
- Con aire incorporado: en el hormigón se le inyecta aire >6% V.
- Ligero:  $1,2 - 2 = 2 \text{ N/mm}^2$ .
- Pesado: áridos de densidad muy grande.
- Refractario: resistente a altas temperaturas (cemento de aluminato cálcico). (Torre 2004)

**d. Por su resistencia:**

- Convencional: 10% agua, 15% cemento, 35% arena, 40% grava.
- De alta resistencia: 5% agua, 20% cemento, 28% arena, 41% grava, 2% adiciones, 2% aditivos. (Torre, 2004)

## **1.6.9. PROPIEDADES DEL CONCRETO**

### **a. En estado fresco**

El concreto en estado fresco, desde que se mezcla hasta que fragua el cemento. El comportamiento reológico del concreto fresco depende:

- Relación agua / cemento.
- Grado de hidratación.
- Tamaño de partículas.
- Mezclado.
- Temperatura. (Torre, 2004)

#### **a.1. Trabajabilidad**

Es la facilidad que tiene el concreto para ser mezclado, manipulado y puesto en obra, con los medios de compactación del que se disponga. La trabajabilidad depende de:

- Dimensiones del elemento.
- Secciones armadas.
- Medios de puesta en obra.

Habrà una mayor trabajabilidad cuando:

- Contenga más agua.
- Más finos.
- Agregados redondeados.
- Más cemento.
- Fluidificantes / plastificantes.
- Adiciones. (Torre, 2004)

## a.2. Consistencia

Denominamos consistencia a la mayor o menor facilidad que tiene el hormigón fresco para deformarse o adaptarse a una forma específica. La consistencia depende:

- Agua de amasado.
- Tamaño máximo del agregado.
- Granulometría.
- Forma de los agregados influye mucho el método de compactación.

Tipos de consistencia:

- SECA – Vibrado enérgico.
- PLÁSTICA – Vibrado normal.
- BLANDA – Apisonado.
- FLUIDA – Barra. (Torre, 2004)

**Tabla I-19:** *Consistencia y asentamiento del concreto*

<b>Consistencia</b>	<b>Asiento (cm)</b>	<b>Tolerancia</b>
Seca	0 - 2	0
Plástica	3 - 5	± 1
Blanda	6 - 9	± 1
Fluida	10 - 15	± 1

Fuente: Torre (2004)

## a.3. Homogeneidad y uniformidad

Homogeneidad: es la cualidad que tiene un concreto para que sus componentes se distribuyan regularmente en la masa.

Uniformidad: se le llama cuando es en varias amasadas. Esta depende:

- Buen amasado.
- Buen transporte.

- Buena puesta en obra.

Se pierde la homogeneidad por tres causas:

- Irregularidad en el mezclado.
- Exceso de agua.
- Cantidad y tamaño máximo de los agregados gruesos.

Esto provoca:

**Segregación:** separación de los áridos gruesos y finos.

**Decantación:** los áridos gruesos van al fondo y los finos se quedan arriba.

#### **a.4. Compacidad.**

Es la relación entre el volumen real de los componentes del hormigón y el volumen aparente del hormigón. No se tiene en cuenta el aire incluido.

(Torre, 2004)

### **b. En estado endurecido**

#### **b.1. Características físico-químicas**

- **Impermeabilidad**

El concreto es un sistema poroso y nunca va a ser totalmente impermeable.

Para lograr una mayor impermeabilidad se pueden utilizar aditivos impermeabilizantes así como mantener una relación agua cemento muy baja. La permeabilidad depende de:

- ❖ Finura del cemento.
- ❖ Cantidad de agua.
- ❖ Compacidad. (Torre, 2004).

- **Durabilidad**

Depende de los agentes agresivos, que pueden ser mecánicos, químicos o físicos. Los que más influyen negativamente son:

- ❖ Sales.
- ❖ Calor.
- ❖ Agente contaminante.
- ❖ Humedad.

El efecto producido es un deterioro:

- ❖ Mecánico.
- ❖ Físico. (Torre, 2004)

**Tabla I-20:** *Circunstancias que afectan a la durabilidad del concreto*

<b>Mecánicas</b>	Vibraciones, sobrecargas, impactos, choques.
<b>Físicas</b>	Oscilaciones térmicas, ciclo de hielo y deshielo, fuego, causas higrométricas.
<b>Químicas</b>	Contaminación atmosférica, aguas filtradas, terrenos agresivos.
<b>Biológicas</b>	Vegetación o microorganismo

Fuente: Torre (2004)

- **Resistencia térmica**

- ❖ Bajas temperaturas – hielo / deshielo (deterioro mecánico).
- ❖ Altas temperaturas >300° C. (Torre, 2004)

**b.2. Características mecánicas**

- **Resistencia a compresión**

Se cuantifica a los 28 días de vaciado el concreto, aunque en estructuras especiales como túneles y presas, o cuando se emplean cementos especiales, pueden especificarse tiempos menores o mayores a 28 días.

La resistencia del concreto se determina en muestras cilíndricas estandarizadas de 15 cm de diámetro y 30 cm. de altura, llevadas hasta la rotura mediante cargas incrementales relativamente rápidas. (Torre, 2004)

- **Resistencia a flexión**

Generalmente su valor corresponde a 10% de la resistencia en compresión del concreto de un determinado  $f'_c$ , esta propiedad nos sirve para diseñar estructuras que estarán cargadas y en el que es muy importante conocer esta propiedad. (Torre, 2004)

## **II. MATERIALES Y METÓDOS**

### **2.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

En este capítulo se presenta una descripción del procedimiento experimental de la investigación, llevado a cabo para la obtención de los resultados, y así lograr los objetivos planteados. Gran parte del desarrollo experimental de esta investigación fue realizada directamente en campo, en viviendas en proceso de construcción, ubicadas en el Distrito de Ayacucho; y en los Laboratorios de Suelo, Concreto y Materiales de la Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones de Ayacucho y INGEOMAX S.A.C., ubicados en los Distrito de Andrés Avelino Cáceres y Jesús Nazareno respectivamente. Para la recopilación de las muestras de testigos de concreto, se tomaron veinte viviendas al azar y en proceso de techado de sus losas aligeradas con uso del concreto (cemento, piedra chancada, arena y agua) elaboradas en forma tradicional, artesanal, convencional y sin control técnico. Así mismo en la recopilación de muestras de agregados, se tomaron en situ mismo de las

canteras de Muyurina, Chacco y Compañía; y llevados a los laboratorios para el análisis físico, químico y determinar la influencia en la variabilidad de la resistencia del concreto en losas aligeradas de las viviendas muestreadas.

## **2.2. UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO**

### **2.2.1. UBICACIÓN GEOGRAFICA**

La ciudad de Ayacucho, capital del Departamento del mismo nombre y de la Provincia de Huamanga, se encuentra situada entre las coordenadas geográficas:

13° 10´ 08” Latitud sur y

74° 13´ 36” Longitud oeste

La ciudad de Ayacucho está integrada por los distritos de Ayacucho, Carmen Alto, San Juan Bautista, Jesús Nazareno y Andrés Avelino Cáceres; y se encuentra ubicado a 543 Km de la capital de Lima, en una penillanura escuadrada entre las cordilleras occidental y oriental a una altitud de 2746 m.s.n.m.

La capital de la Provincia de Huamanga, viene hacer el Distrito de Ayacucho, que cuenta con una superficie territorial aproximado de 159.11 km<sup>2</sup> y con una densidad poblacional de 12.5 hab/km<sup>2</sup>.

## 2.2.2. UBICACIÓN POLITICA



Figura II-1: Mapa Político del Perú, para ubicar el lugar de investigación



Figura II-2: Mapa Político del Departamento de Ayacucho, para ubicar el lugar de investigación



**Figura II-3:** Mapa Político de la Provincia de Huamanga, para ubicar el lugar de investigación



**Figura II-4:** *Mapa Distrital de Ayacucho, para lograr una mejor visión de la ubicación del lugar de investigación.*

### **2.2.3. TOPOGRAFÍA Y TRAZO URBANO**

Cconislla (2001) la ciudad de Ayacucho en su casco central se asienta sobre una planicie inclinada de oeste a este y presenta la forma de un triángulo cuya base se ubica el oeste y limita con las laderas de los cerros y el vértice lo constituye la fluencia del río Alameda y la quebrada Perico Huaycco, con una topografía accidentada, tiene los barrios aledaños que se incrementan en las partes altas, es decir, en las laderas de los cerros. En cuanto a trazo urbano en la parte central se observa un clásico "DAMERO", en las partes aledañas las nuevas urbanizaciones tiene una configuración moderna en cambio los barrios antiguos presentan un trazo irregular adecuado a su topografía.

Las calles se caracterizan por su estrechez con secciones de 7.50m a 8.50m aproximadamente, el 60% de las calles se encuentran pavimentadas. Un buen porcentaje de las viviendas (90%) son de uno y dos pisos. En el caso central existen las antiguas casonas que actualmente han sido subdivididas y convertidas en casas de vecindad las mismas que en algunos casos muestran cierto grado de hacinamiento con tendencia a la tugurización. Predomina la construcción de adobe y de piedra con techo de madera, carrizo y teja en los barrios antiguos, mientras que en las nuevas urbanizaciones y conos son predominantemente la construcción con ladrillo y concreto.

### **2.2.4. CLIMA Y VEGETACION**

Cconislla (2001) en Ayacucho el clima es templado y seco, soleado la mayor parte del año y con temperaturas promedios que oscilan entre 14°C y 18°C.; llegando a -10°C en los meses de frío y a +20°C en los meses calurosos.

En cuanto a las precipitaciones pluviales, Ayacucho tiene una moderada humedad relativa de 56%, con variaciones anuales de precipitación que en total solo llegan a 553.7mm.; estas lluvias se presentan marcadamente de enero a marzo y con cierta periodicidad de abril a mayo y de octubre a diciembre, siendo de junio a setiembre los meses de secos con noches y mañanas frías a consecuencia de las heladas.

La vegetación contrasta entre la de los fondos de valle donde se asienta la agricultura y arbustos como: molle, sauce, algarrobos, huarangos; que son típicos de climas cálidos y las zonas altas donde solo crece una vegetación constituida por plantas resistentes a las sequias tales como: cactus, tuna, huarangos.

#### **2.2.5. CARACTERISTICAS SISMOLOGICAS**

Cconislla (2001) la zona de estudio que comprende la ciudad de Ayacucho, tiene un historial sísmico amplio teniéndose estos, desde la época colonial.

Los sismos de esta región son debidos a la siguiente fuente:

- a. A los mecanismos de subdivisión y otros procesos tectónicos que caracterizan al Perú como un país de alta sismicidad, con eventos sísmicos en la zona de subducción de la costa, sismos superficiales asociadas a fallas poco profundas en la zona y los sismos a gran profundidad que ocurren en la región oriental.
- b. Los sismos en su mayoría son tectónicos y según la carta sísmica (atlas histórico – geográfico y de paisajes peruanos), Ayacucho en 50 años de sismos, de 1913 a 1963 tuvo 18 sismos, 09 son de profundidades menores de 60 Kms.; y 09 mayores de 60 Kms., se estima que el

proceso de subducción de una placa oceánica (placa de nazca) bajo una placa continental (placa sudamericana), ya tiene cerca de 180 millones de años y es prematuro y aventurado llegar a conclusiones acerca de nuestro peligro sísmico, solo en base al conocimiento precario de lo ocurrido en los últimos 450 años equivalentes a unos tres milésimas partes del total de años que tiene el proceso de subducción frente al Perú. La actividad sísmica en Ayacucho, presenta las siguientes características generales:

- La información instrumental existente muestra que la actividad sísmica que ocurrió en el área hasta 1980, no afectó significativamente la zona, ya que las generaciones presentes carecían de tradición sísmica y por ende de experiencias mentales en este aspecto, muy por el contrario circulaba la idea de que Ayacucho era una zona sísmica, estable. Efectivamente en los decenios posteriores a los años veinte fuera de algunos temblores que pasaron desapercibidos (1959), no se registró eventos de mayor gravedad pero de pronto se hace necesario asimilar nuevas experiencias.
- Los eventos principales son de carácter superficial por lo que la severidad de sacudimiento del suelo y por ende de los niveles de daños es alto en el epicentro atenuándose rápidamente con la distancia.
- La distribución real de la actividad sísmica tiende a mostrar características de un nido sísmico. La migración espacial es difícil de establecer con certeza, por no haber contacto con una red de registro sísmico local.

- Se supone que la causa de los sismos, fueron de orden tectónico, movimiento de un plano de falla orientada de este a oeste.
- Ninguno de los sismos ha causado fallamiento geológico con trazas visibles en la superficie del suelo.

### **2.2.6. CARACTERISTICAS DE LAS EDIFICACIONES DEL LUGAR**

Cconislla (2001) La ciudad de Ayacucho tiene un casco urbano con edificaciones donde predomina en la construcción el adobe y la piedra con techos de teja en los barrios antiguos, mientras en las urbanizaciones son predominantemente el ladrillo y concreto que vienen acrecentándose en estos últimos años, en el casco central existen las antiguas casonas con techos de tejas y pared de piedra y barro. Un buen porcentaje de las edificaciones aproximadamente el 90% son de uno y dos pisos.

De acuerdo al censo del año 2007 de las 36,532 viviendas existentes en la ciudad de Ayacucho, el 51% son de ladrillo o bloques de cemento, el 49% son de adobe, tapia, piedras y otros materiales precarios, con techo de teja de arcilla o calamina y piso de tierra.

### **2.3. POBLACION**

La población en la presente investigación, lo constituyen las viviendas que se han construido con material de ladrillo y concreto en la ciudad de Ayacucho al 2016; del que se tomó información de datos de: muestras, dosificación, transporte, compactación, curado y otros en forma directa y al azar, durante el vaciado con concreto de las losas aligeradas de viviendas en proceso de construcción.

## 2.4. MUESTRA

Son las cuarenta unidades de muestras de testigos de concreto de 15 cm x 30 cm (dos de cada vivienda), obtenidos directamente en el campo de las veinte viviendas, durante el proceso de llenado de las losas aligeradas:

**Cuadro II-1:** Nombre de los propietarios, nivel de piso, área aproximada y ubicación de las viviendas.

N°	Propietario	Nivel del techo	Área del techo (m <sup>2</sup> )	Ubicación
1	Alcahuaman Llantoy Jhoel	Segundo piso	90	Jr. Las casuarinas Mz. "C" Lot. N° 05
2	Apaza Chanes Carlos	Primer piso	70	Jr. Artesanos Mz "F" Lot N° 11
3	Ruiz Mejía Esther	Primer piso	60	Jr. Basilio Auqui Mz "L" Lot N°11
4	Velarde Cabrera Julio	Segundo piso	100	AA.HH. San Martin de Porres Mz "LL" Lote N°02
5	Quispe Quispe Juan Carlos	Primer piso	40	Asoc. Los Rosales Mz "A" Lot N° 10
6	Tudela Huamán Yanina	Tercer piso	150	AA.HH. San Martin de Porres Mz "F" Lote N°05
7	Navarro Rojas Antonio	Cuarto piso	50	Urb. Los licenciados Mz "F" Lot N° 18
8	Saavedra Quispe María	Primer piso	80	Pje. Romero Mz "C" Lot N°16
9	Fernández Palomino Sergio	Cuarto piso	100	Jr. Quijano Mendivel Mz. "D" Lot N°28
10	Quispe Ventura Salome	Tercer piso	60	Jr. 29 de junio Mz "G" Lote N° 15
11	Palomino Guzmán Carmela	Segundo piso	60	Jr. Quijano Mendivel Mz. "L" Lot N°16
12	Garamendi Berrocal Luis	Tercer piso	55	Jr. 29 de Marzo Mz "E" Lot. N° 36
13	Cárdenas García Felipa	Primer piso	80	Asoc. San Felipe Mz "C" Lot. N°16
14	Pizarro Huamán Virgilio	Primer piso	70	Jr. Malecón Condorcunca N° 115
15	Chipana Mejía Frank	Tercero piso	60	A.A.H.H. Covadonga Mz "I" Lot N°04
16	Bautista Fernández Ruth	Primer piso	100	Jr. Artesanos Mz "T" Lot N° 04
17	Ramiro Ayala Saúl	Segundo piso	70	Asoc. San Felipe Mz "A" Lot. N°05
18	Vera Muñoz Matías	Tercer piso	60	Jr. Quijano Mendivel Mz. "E" Lot N°11
19	Ayne Ordoñez Camilo	Segundo piso	90	Urb. Los licenciados Mz. "LL" Lot N°15
20	Cabrera Vila Dora	Tercer piso	60	Urb. Los licenciados Mz "C" Lot N° 07

Y al cabo de los 28 días estas muestras fueron sometidos a esfuerzos de compresión en el Laboratorio de Concreto y Materiales, para poder determinar su resistencia final del concreto. Así mismo para un mayor entendimiento del

porque la variabilidad de la resistencia del concreto, se tomó muestras de los agregados de las canteras utilizadas en el proceso de techado de las viviendas, para su respectivo análisis físico, químico y mecánico.

## **2.5. METODOS Y PROCEDIMIENTOS**

El método de estudio utilizado en el presente trabajo de investigación fue directa en las fases de campo y de gabinete; tomando directamente en el campo las muestras de los agregados de las canteras utilizadas en los vaciados de las losas aligeradas de las viviendas y posteriormente analizadas, para un mejor entendimiento de sus características y su influencia en la resistencia final del concreto. Así mismo se obtuvieron dos muestras de testigo de concreto de 15 cm x 30 cm elaboradas en situ mismo; en la cual se observó y anotó el proceso de dosificación de la mezcla, revenimiento, traslado, compactación; elaborada y utilizada en forma artesanal y tradicional el concreto para su uso en el vaciado de la losa aligerada, y posterior curado bajo las dos formas: Una curada en el mismo lugar bajo las mismas condiciones de curado de la losa vaciada con concreto y la otra muestra curada en agua por siete días; para luego a los 28 días después de obtenidas las muestras, estas se sometieron a esfuerzos de compresión en el Laboratorio de Concreto y Materiales obteniendo sus resistencias finales. Luego en la fase de gabinete se procesó los resultados obtenidos de las muestras de agregados y concretos. Para una mejor interpretación y análisis se utilizó la estadística en el entendimiento de las variables y variabilidad de la resistencia.

### **2.5.1. CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DE LOS AGREGADOS**

Debido a la influencia física y química, tanto en la trabajabilidad del concreto como en su estado endurecido, así como en los procesos de explotación, manejo y transporte según los antecedentes de estudios realizados a nivel nacional e internacional, el agregado anteriormente se consideraba un relleno en el volumen de la mezcla, pero estudios reciente vienen demostrando que los agregados juega un papel importante dentro de la mezcla de concreto y durabilidad, por ende la necesidad de conocer sus características e influencia de los agregados.

### **2.5.2. UBICACIÓN Y DESCRIPCION DE LAS CANTERAS UTILIZADAS**

Las canteras empleadas en los vaciados de las losas aligeradas en las viviendas, proviene de las canteras: Chacco (Las piedras), Muyurina y Compañía (El Pedregal). Por lo que se visitó a cada uno, para obtener las muestras en situ; y en el laboratorio se realizó el análisis físico, químico, de cada una.

- a. **Cantera “Las Piedras”**; Ubicado en el kilómetro 16.5 de la carretera Ayacucho – Huanta, en la intersección de los ríos Occopa y Checcla, es de propiedad del sr. Alberto Trisolini Ayala. El acceso a la cantera es buena el material proviene de depósitos fluviales, la forma del agregado es redondeado con una textura superficial lisa, el material en cantera es el hormigón tomando en mayor porcentaje el agregado grueso, la explotación se realiza con un tractor D6 y un cargador 950F, así también cuenta con una maquina chancadora, donde la selección

del material se realiza en la misma cantera y tiene una potencia de explotación de 75,000 metros cúbicos.

- b. **Cantera “Muyurina”;** Esta cantera se encuentra ubicado en el kilómetro 12.0 de la carretera Ayacucho – Huanta, en el lecho del rio Yucaes es de propiedad del Sr Juan Bautista Ramírez. El acceso a la cantera es muy buena y el material proviene de depósitos fluviales; el material que se encuentra es el hormigón con mayor porcentaje de arena, la forma del agregado es redondeado con una textura superficial lisa, la explotación se realiza con un tractor D6 y un cargador 950F, también cuenta con una maquina chancadora, la selección del material se realiza en la misma cantera, la cantera tiene una potencia de explotación de 130,000 metros cúbicos
- c. **Cantera “El Pedregal”;** Esta cantera se encuentra ubicado aproximadamente en el kilómetro 25.00 de la carretera Ayacucho – Compañía, en el lecho del rio Pangora; de propiedad de la empresa Negociaciones “El Pedregal EIRL”. representado por su gerente Sra. Zulma Pillaca Garagundo. El acceso a la cantera es buena y el material proviene de depósitos fluviales; el material que se encuentra es el hormigón con mayor porcentaje de arena, la forma del agregado es angular con una textura superficial lisa a rugosa, la explotación se realiza con un tractor D6 y un cargador 950F, también cuenta con una maquina chancadora, la selección del material se realiza en la misma cantera.

### **2.5.3. MUESTREO Y ANALISIS GRANULOMETRICO DE LOS AGREGADOS (NTP 400.012)**

Representa la distribución del agregado según su tamaño. La granulometría y el tamaño máximo de los agregados afectan las proporciones relativas de los agregados, así como la relación cemento/agua necesario, la trabajabilidad, la porosidad y la resistencia del concreto.

Pueden presentarse casos de granulometría discontinuas en las que faltan dos o más tamaños los que nos pueden crear problemas de segregación sobre todo en los concretos sin aire incorporado, por lo que se requiere un control estricto de granulometría y de la proporción de agua.

#### **Procedimiento**

- Se obtuvo las muestras en situ mismo de la producción e inmediatamente se llevó al laboratorio.
- Se tomó una porción de la muestra mediante el procedimiento del cuarteo
- Se secó la muestra a  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  hasta que dos pesadas sucesivas y separadas por una hora de secado en la estufa no difieran en más de 0.1% y se procedió a pesar
- Se colocó el material en la malla superior, las que estarán dispuestas en orden decreciente según el tamaño de abertura.
- El tamizado se realizó a mano o también se puede mediante el empleo de una máquina adecuada.
- Se tomó cada tamiz con su tapa y base y se imprimió movimiento permanente con direcciones frecuente, cambiante. Para ello se

imprime al tamiz los distintos movimientos de vaivén: adelante, atrás, izquierda, derecha, arriba, abajo y circular.

- Se da por finalizado la operación del tamizado cuando en el transcurso de un minuto no pase más de 1% en peso del material retenido sobre el tamiz, procediendo con el pesado retenido en cada tamiz.

#### 2.5.4. MODULO DE FINEZA (NTP 400.011)

El módulo de finura, representa el valor lubricante del agregado, donde a mayor módulo de finura será menor el valor lubricante, igualmente será menor el requerimiento de agua por área superficial.

$$M (m) = \frac{\sum \% r_a (m_{s_i} s_i)}{100} \quad // -1$$

##### a. Procedimiento y análisis del módulo de fineza del agregado fino

Es la suma de los porcentajes totales retenidos en las mallas estándar (#4, #8, #16, #30, #50 y #100) dividido entre 100.

Las normas ASTM C-33, establece que la arena debe de tener un módulo de finura no menor que 2.3 ni mayor que 3.1.

##### b. Procedimiento y análisis del módulo de fineza del agregado grueso

Es la suma de los porcentajes totales retenidos en las mallas estándar (1 ½", ¾", 3/8" N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100) dividido entre 100, esta no das una aproximación del tamaño medio de los agregados, cuando el modulo es alto significa que el agregado es grueso.

### 2.5.5. PESO VOLUMÉTRICO UNITARIO (NTP 400.017)

Es el peso del material necesario para llenar un recipiente de un pie cúbico, se llama unitario porque se trata del volumen ocupado más los huecos.

Los límites normales del peso volumétrico unitario de los agregados son de 1,300 Kg/cm<sup>3</sup> a 2,100 Kg/cm<sup>3</sup>. La norma NTP 400.017 reconoce dos grados: suelto y compactado.

#### a. Procedimiento y determinación del peso compactado y suelto

$$f = \frac{1000}{W} \qquad P.U.C. = f \times W \qquad II-2$$

$$f = \frac{1000}{W} \qquad P.U.S. = f \times W \qquad II-3$$

Donde:

*P.U.C.* = Peso unitario compacto.

*P.U.S.* = Peso unitario suelto.

*Wc* = Peso neto compactado.

*Ws* = Peso neto suelto.

*f* = Factor de calibración del recipiente.

#### a.1. Método apisonado

- Se utilizó la barra compactadora de punta redondeada de 5/8" de diámetro en los agregados porque tiene un tamaño máximo no mayor de 50 mm.
- Se llenó la tercera parte del recipiente y se niveló la superficie con la mano, para apisonar la masa con la barra compactadora,

mediante 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie. Luego se llenó hasta dos terceras partes de la medida y de nuevo se compactó con 25 golpes como antes. Inmediatamente se llena la medida hasta rebosar, golpeando 25 veces con la barra compactadora, el agregado sobrante se eliminó usando la barra compactadora como regla.

- Al compactar la primera capa, se procura que la barra no golpee el fondo con fuerza. Al compactar las últimas dos capas, solo se emplea la fuerza suficiente para que la barra compactadora penetre la última capa de agregado colocada en el recipiente.
- Se determinó el peso neto del agregado en el recipiente, luego se obtuvo el peso unitario compactado del agregado multiplicando el peso neto por el factor (f), que se obtiene dividiendo el peso del agua a 16.7°C necesaria para llenarlo.

#### **a.2. Método de la percusión**

- El procedimiento de percusión se aplica agregados que tengan un tamaño máximo mayor de 50 mm., pero no mayor de 100 mm.
- El recipiente se llena en tres capas aproximadamente iguales, cada capa se compacta colocando el recipiente sobre un piso firme, se inclina hasta que el borde opuesto a la base de apoyo diste unos 5cm, del piso, para luego dejarlo caer en forma tal que de un golpe seco. Por medio de este procedimiento, las partículas del agregado se acomodan de modo compacto. Cada capa se compacta, dejando caer el recipiente 50 veces en la forma descrita 25 veces de cada extremo. El agregado sobrante se elimina con una reglilla.

- Se determina el peso neto del agregado en el recipiente. Luego se obtiene el peso unitario compactado del agregado multiplicando el peso neto por el factor (f), obtenido del mismo modo antes mencionado.

### **a.3. Determinación del peso suelto (Procedimiento con pala)**

- El procedimiento con pala se aplica a agregados que tienen un tamaño máximo no mayor de 100 mm.
- El recipiente se llenó con una pala hasta rebosar, descargando el agregado desde una altura no mayor de 50 mm., por encima de la parte superior del recipiente. Se debe tomar precauciones para impedir en lo posible la segregación de las partículas, el agregado sobrante se eliminó con una reglilla.
- Se determinó el peso neto del agregado en el recipiente, luego se obtuvo el peso unitario suelto del agregado multiplicando el peso neto por el factor (f) obtenido del mismo modo antes mencionado.

## **2.5.6. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN (NTP 400.021)**

### **a. Peso específico**

El peso específico del agregado grueso es la relación de su peso respecto al peso de un volumen absoluto igual de agua (agua desplazada por inmersión). Se usa en ciertos cálculos para proporcionamientos de mezclas y control. El valor del peso específico para agregados normales oscila entre 2500 a 2700. A continuación se muestra las expresiones que se utilizan para calcular los tres estados de pesos específicos.

$$P e d m (G) = \frac{A}{(B - C)} \quad //4$$

$$P e d m s i s i (G) = \frac{A}{(B - C)} \quad //5$$

$$P e a (G) = \frac{A}{(A - C)} \quad //6$$

### b. Absorción y humedad superficial (NTP 400.021)

Es necesario determinar la absorción y humedad superficial de los agregados, para poder controlar la proporción de agua en el concreto y determinar los pesos correctos de las mezclas.

$$P e d a ó n (\alpha\%) = 100 \times \frac{(B - A)}{A} \quad //7$$

Las condiciones de humedad de los agregados se designan de la siguiente manera.

- **Secado al horno** : Completamente absorbentes.
- **Secado al aire** : La superficie de las partículas están secas pero esta algo húmeda en el interior; son por lo tanto absorbentes.
- **Saturado y superficialmente secos:** No absorben agua ni aumentan el agua de la mezcla.
- **Húmedos o mojados** : Contiene en exceso de humedad en la superficie. Los pesos de los materiales para las mezclas deben ajustarse por las condiciones de humedad de los agregados.

### Procedimiento

**a. Para el agregado grueso**

- Después de un lavado completo para eliminar el polvo u otras impurezas superficiales de las partículas, se secó la muestra hasta un peso constante a una temperatura de 100°C a 110°C y luego se sumerge en agua por un periodo de 24h ± 4h.
- Se saca la muestra del agua y luego se frota con una franela absorbente, hasta desaparecer toda película de agua visible, aunque la superficie de las partículas aun aparezca húmedo. Se secan separadamente los fragmentos más grandes. Se tiene cuidado en evitar la evaporación durante la operación del secado de la superficie. Se obtiene el peso de la muestra bajo la condición de saturación con la superficie seca. Se determinó este y todo los demás pesos con aproximación de 0.5 gramos.
- Después de pesar, se colocó de inmediato la muestra saturada con superficie seca en la canasta de alambre y se determinó su peso en agua a temperatura de 23°C ± 2°C.
- Luego se seca la muestra hasta peso constante, a una temperatura de 100°C a 110°C y se deja enfriar hasta temperatura ambiente, de 1 hora a 3 horas y se pesa.

**b. Para el agregado fino**

- Se introdujo en el frasco 500 grs, del material preparado, a la cual se llena de agua hasta alcanzar casi la marca de 500 cm<sup>3</sup> a una temperatura de 23°C ± 2°C, luego se hizo rodar el frasco sobre una superficie plana para eliminar todas las burbujas de aire, después se colocó en un baño a temperatura constante de 23°C ± 2°C.

- Después de aproximadamente una hora se llena con agua hasta la marca de 500 cm<sup>3</sup> y se determina el peso total del agua introducida en el frasco con una aproximación de 01 gramo.
- Se saca el agregado fino del frasco, se seca hasta un peso constante a una temperatura de 100°C a 110°C, se enfría a temperatura en un secador durante ½ hora, y se pesa.

### **2.5.7. RESISTENCIA A LA CONGELACION E INTEMPERISMO (NTP 400.016)**

Esta característica radica fundamentalmente para las estructuras que van a estar sujetas a intemperismo; está relacionada a la porosidad y absorción del agregado.

La resistencia al intemperismo puede determinarse mediante el ensayo de durabilidad o prueba con el sulfato de sodio o magnesio que nos permite encontrar el porcentaje de partida del peso de un material sujeto a varios ciclos de inmersión en una solución de sulfato, creando de esta manera presiones por la formación de cristales, semejantes a los producidos por la congelación del agua.

#### **Procedimiento:**

- Según las Normas Técnica Peruana 400.016, se lava completamente la muestra de agregado fino sobre el tamiz N° 50, luego se seca hasta un peso constante a 105°C -110°C, se separa el material en diferentes tamaños y se pesa cada fracción después del tamizado final de acuerdo a lo especificado en dicha norma se colocara en envases individuales para el ensayo menos 1.5 cm.

- Se introduce la muestras en la solución de sulfato de sodio durante no menos de 16 horas ni más de 18 horas de una manera tal que la solución las cubre a una profundidad de por lo menos 1.5 cm.
- Se secan las muestras en horno a temperatura de 105°C a 110°C, la muestra a temperatura ambiente se somete a un nuevo periodo de inmersión, repitiéndose este ciclo el número de veces requeridos.
- La solución de sulfato de sodio o sulfato de magnesio, preparado que tendrá un peso específico entre 1.151 a 1.174.
- La evaluación cuantitativa se hace por medio de un promedio compensado, calculado a partir del porcentaje de perdida para cada fracción granulométrica teniendo como base la graduación de la mezcla antes del ensayo.

#### **2.5.8. RESISTENCIA AL DESGASTE (NTP 400.019)**

Es un indicador general de la calidad del agregado, siendo esta una característica esencial cuando el agregado va ser usado en un concreto sujeto a desgaste. El método más usado en la determinación de la resistencia, es el llamado “Prueba de los ángeles”, que nos permite determinar el porcentaje de pérdida del material desprendido respecto a una muestra sujeta a la acción rotativa en un tambor.

#### **Procedimiento:**

- Se coloca la muestra de ensayo y la carga abrasiva en la máquina de los ángeles y se rota a una velocidad de 30 rpm durante 500 revoluciones.

- Después del número de revoluciones prescritas se descarga el material y se hace separación preliminar de la muestra en un tamiz de abertura mayor que el tamiz de abertura 1.70 mm (N°12).
- Se tamiza la porción más fina en el tamiz de abertura 1.70 mm (N°12).
- Se lava el material más grueso que el tamiz de abertura 1.70 mm (N°12) y se seca a temperatura de 105°C a 110°C hasta un peso sustancialmente constante y se pesa con aproximación de un gramo.
- La gradación de muestra de ensayo, la carga abrasiva debe ser como sigue:

**Tabla II-1:** Carga abrasiva para el ensayo de abrasión del agregado grueso

Gradación	N° de esferas	Peso de la carga (gr)
A	12	5000 ± 25
B	11	4581 ± 25
C	8	3330 ± 20
D	6	2500 ± 15

Fuente: NTP 400.019

**Tabla II-2:** Gradación de la muestra de ensayo de abrasión del agregado grueso

Tamices		Peso de los tamaños indic. (gr)			
% pasa	% retenido	A	B	C	D
1 1/2"	1"	1250 ± 25			
1"	3/4"	1250 ± 25			
3/4"	1/2"	1250 ± 10	1250 ± 10		
1/2"	3/8"	1250 ± 10	1250 ± 10		
3/8"	1/4"			2500 ± 10	
1/4"	N°4			2500 ± 10	
N°4	N°8				5000 ± 10
<b>TOTAL</b>		<b>5000 ± 10</b>	<b>5000 ± 10</b>	<b>5000 ± 10</b>	<b>5000 ± 10</b>

Fuente: NTP. 400.019

### 2.5.9. DETERMINACION DE IMPUREZAS ORGANICAS (NTP 400.013)

Este método es para determinar la presencia de compuestos orgánicos perjudiciales en las arenas que vayan emplearse en concretos y morteros.

Este método es un ensayo con valores aproximados, pues se determina al “ojo”.

El ensayo está basado en la NTP 400.013, que consiste en someter a la arena a la acción de hidróxido de sodio preparada en agua al 3% durante 24 horas.

**Procedimiento:**

Para este ensayo en primer lugar echamos aproximadamente 250 gr., de cada muestra en botellas transparentes, luego echamos la solución preparada anteriormente (agua más hidróxido de sodio) hasta cubrir una altura igual a la de la arena, se agita la botella una vez tapada durante aproximadamente 20 segundos se deja durante 24 horas.

**2.5.10. PRUEBA EQUIVALENTE DE ARENA**

Este ensayo es un método rápido para determinar un índice representativo de la proporción de los finos que contiene un suelo granular o árido fino.

**Procedimientos:**

- El ensayo consiste en agitar cierta cantidad de arena (aproximadamente 110 gr.), en una probeta con aproximadamente 4” de solución defloculante compuesta de: 495 gr., de cloruro de cálcico anhídrido.
- Se deja reposar durante 10 minutos, luego se tapa la probeta y en posición horizontal se agita 90 ciclos durante 30 segundos, se mide la altura del sedimento. El valor del equivalente, se agrega la solución y se deja reposar durante 20 minutos.

- Al final de los 20 minutos se lleva el nivel de la suspensión de arcilla, se baja suavemente la varilla lastrada hasta que descansa con la arena y se toma lectura.

El equivalente arena se deduce de la siguiente formula:

$$E = \frac{L_s}{L} \times \frac{d_a}{d_{a\ ll}} \times 100 \quad \text{II-8}$$

## 2.6. CARACTERISTICAS QUÍMICAS DE LOS AGREGADOS

Es necesario controlar la cantidad de sales y cloruros que contienen los agregados como componente del concreto, el exceso de estos compuestos originan en el concreto problemas de durabilidad, resistencia y corrosión.

El contenido de cloruros y sulfatos en el agregado fino no debe exceder los límites que determina el ACI.

**Tabla II-3:** *Limites de contenido de cloruros y sulfatos del agregado*

<b>Cantidad máxima **</b>	<b>Ion Cl - ppm</b>	<b>Ion SO4 - ppm</b>
Concreto pretensado	600	200
Concreto armado expuesto	1000	600
Concreto armado no expuesto	1500	-
Concreto simple	3000	-

\*\* Cantidad de sales y sulfatos como componente integral en el concreto (agregado fino + agregado grueso + agua)

Fuente: NTP. 400.020

## 2.7. METODO, PROCEDIMIENTO DE MUESTREO Y TOMA DE DATOS DEL CONCRETO EN CAMPO NTP 339.036 ASTM C-172

El método empleado en campo es directo; identificándose al azar las viviendas en proceso de vaciado de sus losas aligeradas ocurridos dentro de la ciudad de Ayacucho; obteniendo de ellas dos muestras de testigo de 15 cm. x 30 cm. De las cuales una muestra se curó bajo agua por siete días y la otra muestra

se curó tal cual se curó las losas aligeradas en las viviendas mismas; y al cabo de 28 días estas dos muestras se sometieron a esfuerzo de compresión para determinar sus resistencias.

La recolección y toma de las muestra se realizara bajo los procedimientos de la norma NTP 339.036 ASTM C-172.

**Procedimiento:**

- a. Seleccionamos un espacio apropiado dentro de la misma obra, para elaborar las probetas. Este espacio debe cumplir los siguientes requisitos:
  - Se adecuo una superficie horizontal, plana y rígida.
  - Libre de vibraciones que pudieran existir.
  - Las muestras se fabricaron bajo techo a fin de moldear las probetas bajo sombra y no altere la hidratación.
- b. Antes de tomar la muestra e iniciar el moldeado, se verifico lo siguiente:
  - Los dispositivos de cierre de los moldes (pernos), deben estar en perfectas condiciones.
  - Los moldes deben ser herméticos para evitar que se escape la mezcla.
  - La perfecta verticalidad (90°) del molde respecto de la placa de asiento.
  - La superficie interior de los moldes debe estar limpia y secas.
  - Para desmoldar con facilidad, se aplicó una ligera capa de aceite mineral o petróleo a la superficie interior del molde.
- c. Se tomó la muestra de concreto en un recipiente (balde) destinado para este fin.
- d. El moldeado de la probeta se realizó en tres capas, cada una de ellas de 10 cm. de altura, según el siguiente detalle:

#### Primera Capa:

- Se colocó la mezcla en el molde y mezclarla con el cucharón para que esté bien distribuida y pareja.

Compactar la primera capa en todo su espesor, mediante 25 inserciones ("chuseadas") con la varilla lisa con punta redondeada de un metro de longitud, distribuidas de manera uniforme en la mezcla.

- Una vez culminada la compactación de esta capa, se golpea suavemente alrededor del molde unas 10 veces con el martillo de goma, para liberar las burbujas de aire que hayan podido quedar atrapadas en el interior de la mezcla.

#### Segunda Capa:

- Se colocó la mezcla en el molde y distribuir de manera uniforme con el cucharón.
- Se compactó con 25 "chuseadas" con la varilla lisa y punta redondeada. La varilla debe ingresar 1 pulgada en la primera capa.
- Luego se golpeó suavemente alrededor del molde unas 10 veces con el martillo de goma para liberar las burbujas de aire.

#### Tercera Capa:

- En esta última capa, se agregó suficiente cantidad de mezcla para que el molde quede lleno.
- Se compactó esta tercera capa también mediante 25 "chuseadas" con la varilla lisa y punta redondeada, teniendo cuidado que estén uniformes y distribuidas en toda la masa colocada. No olvidar que en cada inserción la varilla debe ingresar 1 pulgada en la segunda capa.

- Culminada la compactación, se golpear suavemente alrededor del molde unas 10 veces con el martillo de goma para liberar las burbujas de aire de la mezcla.
  - Se nivela el exceso de mezcla con la varilla lisa de compactación.
  - Luego de un tiempo de 5 min., se da un buen acabado con la plancha para obtener una superficie lisa y plana.
- e. Luego se pega una etiqueta de papel en la parte externa del molde para identificar las probetas con la siguiente información y se registró en el cuaderno de apuntes para un mayor control:
- Probeta N° 1.
  - Fecha de elaboración: 30/02/16.
  - Ubicación de concreto vaciado: losa aligerada 2º piso.
  - Obra: Construcción de vivienda unifamiliar.
- f. Se retiró el molde con mucho cuidado al siguiente día de elaborado para su respectivo curado.
- g. Posteriormente, toda la información escrita en la etiqueta de papel tendrá que escribirse sobre la probeta utilizando un plumón indeleble y cuidando de no malograr su superficie.

De cada vivienda muestreada se obtuvo dos testigos de muestras. De la cual uno se dejó en el mismo lugar para su curado tal cual se efectúa en las losas aligeradas de las viviendas y la otra muestra se curó bajo siete días en agua según los procedimientos de la norma NTP339.036 ASTM C-172.

A los 28 días, las dos muestras obtenidas de cada vivienda, se sometió a prueba de compresión en laboratorio de concreto, para determinando la resistencia del concreto según la norma NTP 339.034 ASTM C-39.

## 2.8. METODO Y ENSAYO DE CONCRETO A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS CILINDRICAS ENDURECIDOS NTP 339.034. (1999)

### a. Procedimiento

- Se midió la longitud y diámetro de la probeta cilíndrica con una aproximación de 0.1 mm., con un calibrador micrométrico, para determinar la relación longitud/diámetro.
- Se midió el peso seco de cada una de las muestras.
- Se colocó la probeta sobre el bloque inferior de apoyo y centrado sobre el mismo.
- Se aplicó la carga en forma continua y constante evitando choques la velocidad de carga estará en el rango de 0.14 a 0.34 Mpa/s.
- Se anotó la carga máxima, el tipo de rotura y además toda otra observación relacionada con el aspecto del concreto.



Figura II-5: Laboratorio de ensayo del concreto a la compresión

## b. Expresión de resultados

$$R = \frac{P}{A} \quad \text{II-9}$$

$R_c$  = Resistencia de rotura a la compresión.

$P$  = Carga máxima de rotura en kilogramos.

$A$  = Área de la superficie de contacto.

**Tabla II-4:** Factor de corrección de probetas a compresión

L/D	1.75	1.5	1.25	1.00
Factor	0.98	0.96	0.93	0.87

Fuente: Torre (2004)

## 2.9. METODO Y ANALISIS DE DATOS DEL CONCRETO EN GABINETE

### 2.9.1. CONTROL ESTADISTICO DEL CONCRETO

Un concepto muy importante que hay que tener en cuenta actualmente es que los métodos de diseño estructural en concreto son probabilísticas.

Al ser el concreto un material heterogéneo, está sujeto a la variabilidad de sus componentes así como a las dispersiones adicionales debido a las técnicas de elaboración, transporte, colocación y curado en obra.

La resistencia del concreto bajo condiciones controladas sigue con gran aproximación la Distribución Probabilística Normal.

#### a. Distribución normal (campana de Gauss)

Hoy en día está demostrado que el comportamiento de la resistencia del concreto a compresión se ajusta a la Distribución Normal (Campana de Gauss), cuya expresión matemática es:

$$Y = \frac{1}{D \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{X-X_1}{D}\right)^2}$$

II-10

Donde:

$D_s$  = Desviación estándar.

$X_{prom}$  = Resistencia promedio.

$X$  = Resistencia de ensayo.

$e$  = 2.71828

= 3.14159

Al graficar la ecuación anterior obtenemos una gráfica especial, el cual tiene algunas características:

- Es simétrica con respecto a  $\mu$ .
- Es asintótica respecto al eje de las abscisas.
- La forma y tamaño va a depender de  $D_s$ .

El siguiente gráfico muestra la curva normal para diferentes valores de  $D_s$ , teniendo un mismo  $\mu$  entonces podemos concluir que a medida que aumenta el  $D_s$  el grado de dispersión que existe en la resistencia de las probetas es mayor el cual tiende a alejarse del promedio.

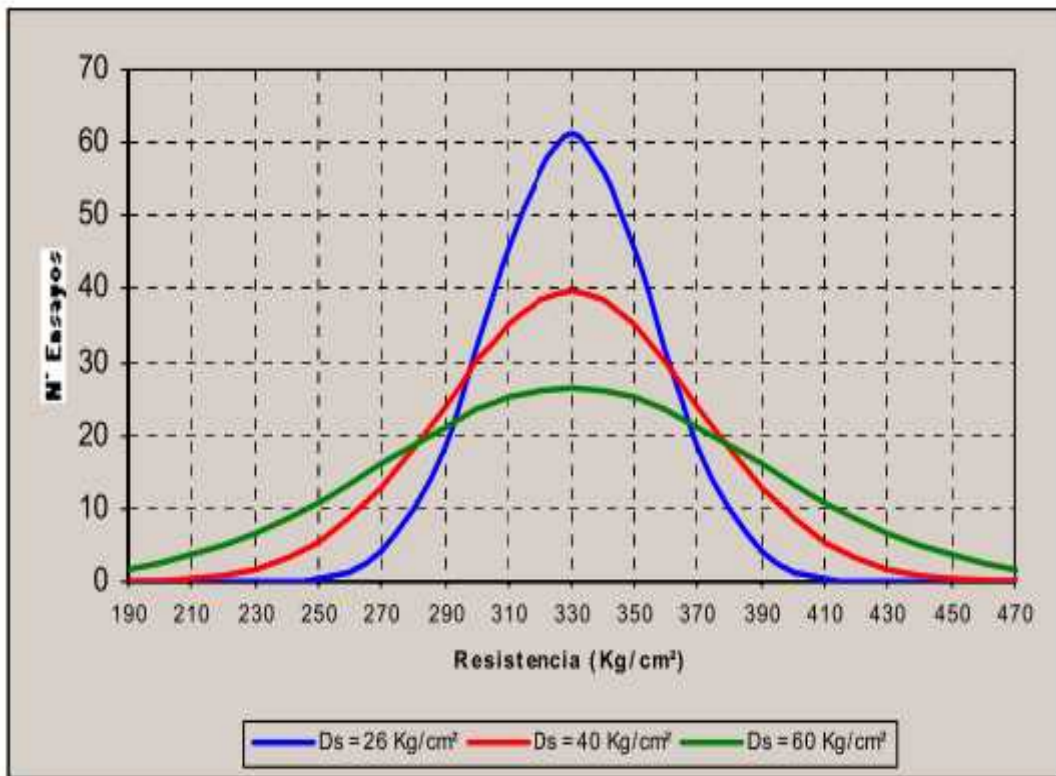


Figura II-6: Distribución Normal (Campana de Gauss)

Fuente: Torre (2004)

- **La Desviación estándar** está definida como:

$$D = \sqrt{\frac{\sum(X - X_1)^2}{n - 1}}$$

II-11

Donde:

$D_s$  = Desviación estándar.

$X_{prom}$  = Resistencia promedio.

$X$  = Resistencia individual.

$n$  = Número de ensayos.

Este parámetro nos indica el grado de dispersión existente entre la resistencia a compresión para un determinado  $f'c$ .

- **Coefficiente de variación**, tiene como expresión:

$$V = \frac{D}{X_1} \times 100$$

II-12

Donde:

$D_s$  = Desviación estándar.

$X_{prom}$  = Resistencia promedio.

Este parámetro no permite predecir la variabilidad existente entre los ensayos de resistencia.

La distribución normal permite estimar matemáticamente la probabilidad de la ocurrencia de un determinado fenómeno en función de los parámetros indicados anteriormente, y en el caso del concreto se aplica a los resultados de resistencias.

- **Distribución normal y la probabilidad de ocurrencia**, La probabilidad de ocurrencia de que los ensayos estén comprendidos dentro de un intervalo  $\mu \pm t D_s$  según el ACI 318 son:

$\mu \pm 1 D_s$  de 68.2%

$\mu \pm 2 D_s$  de 95.2%

$\mu \pm 3 D_s$  de 100%

El siguiente gráfico muestra dichas probabilidades de ocurrencia.

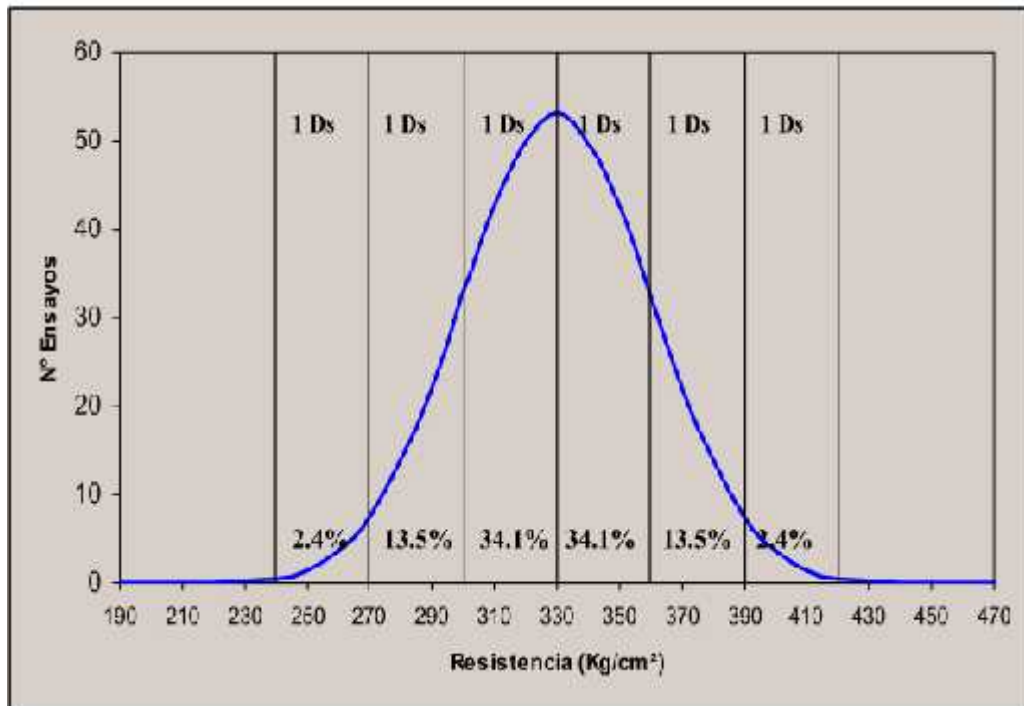


Figura II-7: Probabilidad de ocurrencia

Fuente: Torre (2004)

## b. Factores de seguridad

Las fórmulas y criterios de diseño estructural involucran una serie de factores de seguridad que tienden a compensar las variaciones entre los resultados. El % de pruebas que pueden admitirse por debajo del  $f'_c$  especificado va a depender de:

- El expediente técnico; el reglamento de diseño y el diseñador

Cualquiera que sea el criterio, se traduce como la resistencia del concreto requerida en obra  $f'_{cr}$ , el cual debe tener un valor por encima del  $f'_c$ .

$$f'_{cr} = f'_c + t \quad \text{II-13}$$

$$f'_{cr} = \frac{f'_c}{1 - t} \quad \text{II-14}$$

Donde:

$f'_{cr}$  = Resistencia promedio requerida en obra.

$f'_c$  = Resistencia especificada.

$D_s$  = Desviación estándar.

$V$  = Coeficiente de variación.

$T$  = Factor que depende:

- Del % de resultados  $< f'_c$  que se admitan ó

- De la probabilidad de ocurrencia.

En el caso que se especifique el promedio de un cierto número de probetas

las fórmulas anteriores se reemplazarán por:

$$f'_{cr} = f'_c + \frac{t}{\sqrt{n}} D \quad II-15$$

$$f'_{cr} = \frac{f'_c}{1 - \frac{t}{\sqrt{n}} V} \quad II-16$$

**Tabla II-5: Valores de  $t$**

% de probeta dentro de los límites $\pm tDs$	Probabilidad de ocurrencia por debajo del límite inferior	$t$
40.00	3 en 10	0.52
50.00	2.5 en 10	0.67
60.00	2 en 10	0.84
68.27	1 en 6.3	1.00
70.00	1.5 en 10	1.04
80.00	1 en 10	1.28
90.00	1 en 20	1.65
95.00	1 en 40	1.98
95.45	1 en 44	2.00
98.00	1 en 100	2.33
99.00	1 en 200	2.58
99.73	1 en 741	3.00

Fuente: Torre (2004)

**Tabla II-6: Valores de dispersión en el control del concreto**

<b>DISPERSION TOTAL</b>					
Clases de operación	Desviación estándar para diferentes grados de control (kg/cm <sup>2</sup> )				
	Excelente	Muy bueno	Bueno	Suficiente	Deficiente
Concreto en obra	< a 28.1	14.1 a 17.6	35.2 a 42.2	42.2 a 49.2	> a 49.2
Concreto en laboratorio	< a 14.1	28.1 a 35.3	17.6 a 21.1	21.1 a 24.6	> a 24.6
<b>DISPERSION ENTRE TESTIGOS</b>					
Clases de operación	Coeficiente de variación $V$ para diferentes grados de control (%)				
	Excelente	Muy bueno	Bueno	Suficiente	Deficiente
Concreto en obra	< a 3.0	3.0 a 4.0	4.0 a 5.0	5.0 a 6.0	> a 6.0
Concreto en laboratorio	< a 2.0	2.0 a 3.0	3.0 a 4.0	4.0 a 5.0	> a 5.0

Fuente: Torre (2004)

Las tablas anteriores se pueden utilizar como referencia para estimar  $t$ ,  $Ds$  y  $V$  cuando no se tengan datos en obra asumiendo un grado de control apropiado. Si no se puede asumir el grado de control, lo recomendable es considerar los valores más pesimistas de estos valores.

### c. Criterios del reglamento del ACI 318

Ensayo de resistencia en compresión = promedio de ensayo de dos probetas obtenidas de una misma muestra de concreto y que han sido curadas bajo condiciones controladas a 28 días. El nivel de resistencia de una determinada clase de concreto se considerará satisfactoria si se cumplen los siguientes requisitos:

1. El promedio de todos los grupos de 3 ensayos de resistencia en compresión consecutivos sea  $f'_c$

$$f'_c = f'_c + 1.34D \quad II-17$$

2. Ningún ensayo de resistencia debe ser menor que  $f'_c$  en más de 35 Kg/cm<sup>2</sup>

$$f'_c = f'_c - 35 + 2.33D \quad II-18$$

Las fórmulas anteriores sólo son válidas si:

- a. Se disponen de resultados de al menos 30 ensayos consecutivos de un tipo de concreto.
- b. Las resistencias obtenidas al ensayar los cilindros no varíen en más de 70 Kg/cm<sup>2</sup> con el  $f'_c$  especificado.

#### **Si tenemos menos de 30 ensayos**

Cuando no se disponga de al menos 30 ensayos el ACI recomienda que al valor  $D_s$  que se calcule se deberá amplificar por un factor de acuerdo a la siguiente tabla:

**Tabla II-7:** Desviación estándar según ACI, para muestra menores a 30

N° de ensayos	Factor de incremento
menos de 15	Ver tabla cuando no se conoce Ds
15.0	1.16
20.0	1.08
25.0	1.03
30 ó mas	1.00

Fuente: Torre (2004)

Entonces para calcular  $f'_{cr}$  tendremos:

$$f'_{cr} = f'_c + 1.34(\alpha D) \quad II-19$$

$$f'_{cr} = f'_c - 35 + 2.33(\alpha D) \quad II-20$$

### Y si no tengo datos estadísticos

Cuando se tenga menos 15 ensayos o no se cuente con registros estadísticos, el ACI recomienda que para calcular el  $f'_{cr}$  se utilice la siguiente tabla:

**Tabla II-8:** Tabla de  $f'_{cr}$ , cuando no hay datos

$f'_c$ especificado	$f'_{cr}$ (kg/cm <sup>2</sup> )
< 210	$f'_c + 70$
210 - 350	$f'_c + 84$
> 350	$f'_c + 98$

Fuente: Torre (2004)

### **III. RESULTADOS**

En esta sección se muestran los resultados obtenidos referentes al análisis físico, químico de los agregados que intervinieron en el proceso de elaboración de la pasta del concretos, como también la relación agua/cemento, transporte, colocación, compactación y curado del concreto; obteniendo por último la resistencia final de las cuarenta unidades de muestras de concreto obtenidas y sometidas a compresión y realizar su análisis estadístico para un mejor entendimiento y análisis de la variabilidad de la resistencia del concreto obtenidas en losas aligeradas de las veinte viviendas muestreadas que se construyeron en forma artesanal, tradicional y convencional en nuestra ciudad, sin tener en cuenta las normas que la rigen y control técnico para su mayor durabilidad en el tiempo.

### 3.1. RESULTADOS DEL ANALISIS FISICO DE LOS AGREGADOS

#### 3.1.1. ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO

##### a. Agregado fino de la cantera de Muyurina, Las Piedras y El Pedregal

Cuadro III-1: *Análisis granulométrico del agregado fino de la cantera "Muyurina"*

<b>Tamices ASTM</b>	<b>Peso (gr) Retenido</b>	<b>% Retenido Parcial</b>	<b>%Retenido Acumulado</b>	<b>% Que pasa</b>
N° 4	57.40	10.55	10.55	89.45
N° 8	98.40	18.08	28.63	71.37
N° 16	89.00	16.36	44.99	55.01
N° 30	112.60	20.69	65.69	34.31
N° 50	84.50	15.53	81.22	18.78
N° 100	57.20	10.51	91.73	8.27
N° 200	22.70	4.17	95.90	4.10
< 200	22.30	4.10	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>544.10 gr</b>			

Cuadro III-2: *Análisis granulométrico del agregado fino de la cantera "Las Piedras"*

<b>Tamices ASTM</b>	<b>Peso (gr) Retenido</b>	<b>% Retenido Parcial</b>	<b>%Retenido Acumulado</b>	<b>% Que pasa</b>
N° 4	27.80	2.98	2.98	97.02
N° 8	39.10	4.19	7.18	92.82
N° 16	88.30	9.47	16.65	83.35
N° 30	220.20	23.62	40.26	59.74
N° 50	290.60	31.17	71.43	28.57
N° 100	191.30	20.52	91.95	8.05
N° 200	53.20	5.71	97.65	2.35
< 200	21.90	2.35	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>932.40 gr</b>			

**Cuadro III-3: Análisis granulométrico del agregado fino de la cantera "El Pedregal"**

<b>Tamices ASTM</b>	<b>Peso (gr) Retenido</b>	<b>% Retenido Parcial</b>	<b>%Retenido Acumulado</b>	<b>% Que pasa</b>
N° 4	71.80	4.53	10.55	95.47
N° 8	416.40	26.27	36.82	69.20
N° 16	304.20	19.19	56.01	50.01
N° 30	242.70	15.31	71.33	34.69
N° 50	223.30	14.09	85.41	20.61
N° 100	188.40	11.89	97.30	8.72
N° 200	89.00	5.62	102.92	3.10
< 200	49.20	3.10	106.02	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>1,585.00 gr</b>			

**b. Agregado grueso de las canteras de Muyurina, Las Piedras y El Pedregal**

**Cuadro III-4: Análisis granulométrico del agregado grueso de la cantera "Muyurina"**

<b>Tamices ASTM</b>	<b>Peso (gr) Retenido</b>	<b>% Retenido Parcial</b>	<b>%Retenido Acumulado</b>	<b>% Que pasa</b>
1"	491.60	13.30	13.30	86.70
3/4"	1,171.00	31.67	44.97	55.03
1/2"	1,515.90	41.00	85.97	14.03
3/8"	380.90	10.30	96.27	3.73
N° 4	106.80	2.89	99.16	0.84
N° 8	31.10	0.84	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>3,697.30 gr</b>			

**Cuadro III-5: Análisis granulométrico del agregado grueso de la cantera "Las Piedras"**

<b>Tamices ASTM</b>	<b>Peso (gr) Retenido</b>	<b>% Retenido Parcial</b>	<b>%Retenido Acumulado</b>	<b>% Que pasa</b>
1 1/2"	162.90	4.96	4.96	95.04
1"	1,696.50	51.63	56.59	43.41
3/4"	1,154.20	35.13	91.72	8.28
1/2"	214.70	6.53	98.26	1.74
3/8"	19.90	0.61	98.86	1.14
N° 4	5.20	0.16	99.02	0.98
Lavado	32.2	0.98	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>3,285.60 gr</b>			

**Cuadro III-6:** Análisis granulométrico del agregado grueso de la cantera "El Pedregal"

Tamices ASTM	Peso (gr) Retenido	% Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% Que pasa
1"	0.02	0.00	0.00	100.00
3/4"	0.38	0.04	0.04	99.96
1/2"	2.60	0.25	0.28	99.72
3/8"	640.00	60.26	60.55	39.45
N° 4	418.00	39.36	99.90	0.10
N° 8	0.02	0.00	99.91	0.09
Lavado	1.00	0.09	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>1,062.03</b>	<b>gr</b>		

### 3.1.2. MODULO DE FINEZA

#### a. Módulo de fineza del agregado fino

- **Cantera Muyurina**

$$MF = \frac{\#4 + \#8 + \#16 + \#30 + \#50 + \#100}{100}$$

$$MF = \frac{10.55 + 28.63 + 44.99 + 65.69 + 81.22 + 91.73}{100}$$

$$MF = 3.23$$

- **Cantera Las Piedras**

$$MF = \frac{\#4 + \#8 + \#16 + \#30 + \#50 + \#100}{100}$$

$$MF = \frac{2.98 + 7.18 + 16.65 + 40.26 + 71.43 + 91.95}{100}$$

$$MF = 2.30$$

- **Cantera El Pedregal**

$$\text{MF} = \frac{\#4 + \#8 + \#16 + \#30 + \#50 + \#100}{100}$$

$$\text{MF} = \frac{4.53 + 30.80 + 49.99 + 65.31 + 79.39 + 91.28}{100}$$

$$\text{MF} = 3.21$$

**b. Módulo de fineza del agregado grueso**

- **Cantera Muyurina**

$$\text{MF} = \frac{1 \frac{1}{2}'' + \frac{3}{4}'' + \frac{3}{8}'' + \#4 + \#8 + \#16 + \#30 + \#50 + \#100}{100}$$

$$\text{MF} = \frac{0.00 + 44.97 + 96.27 + 99.16 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100}{100}$$

$$\text{MF} = 7.40$$

- **Cantera Las Piedras**

$$\text{MF} = \frac{1 \frac{1}{2}'' + \frac{3}{4}'' + \frac{3}{8}'' + \#4 + \#8 + \#16 + \#30 + \#50 + \#100}{100}$$

$$\text{MF} = \frac{4.96 + 91.72 + 98.86 + 99.02 + 99.02 + 99.02 + 99.02 + 99.02 + 91.95}{100}$$

$$\text{MF} = 7.90$$

- **Cantera El Pedregal**

$$MF = \frac{1 \frac{1}{2}'' + \frac{3}{4}'' + 3/8'' + \#4 + \#8 + \#16 + \#30 + \#50 + \#100}{100}$$

$$MF = \frac{0.00+0.04+60.55+99.91+99.91+99.91+99.91+91.90+99.91}{100}$$

$$MF = 6.60$$

### 3.1.3. PESO UNITARIO DEL AGREGADO

#### a. Agregado fino

- **Cantera Muyurina**

**Cuadro III-7:** *Peso unitario suelto del agregado fino de la cantera "Muyurina"*

	<b>M - 1</b>	<b>M - 2</b>	<b>M - 3</b>	
A	Peso molde (gr)	1,854.00	1,854.00	1,854.00
B	Peso agregado + molde (gr)	10,613.60	10,594.60	10,604.50
C	Peso agregado suelto (gr) = B - A	8,759.60	8,740.60	8,750.50
D	Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	5,626.00	5,626.00	5,626.00
E	Peso unitario suelto seco (kg/m <sup>3</sup> ) C/D	1.557	1.554	1.555
<b>Promedio PUSS.</b>		<b>1.555</b>		<b>Kg/m<sup>3</sup></b>

**Cuadro III-8:** *Peso unitario compactado del agregado fino de la cantera "Muyurina"*

	<b>M - 1</b>	<b>M - 2</b>	<b>M - 3</b>	
A	Peso molde (gr)	1,854.00	1,854.00	1,854.00
B	Peso agregado + molde (gr)	11,194.00	11,214.60	11,292.00
C	Peso agregado suelto (gr) = B - A	9,340.00	9,360.60	9,438.00
D	Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	5,626.00	5,626.00	5,626.00
E	Peso unitario suelto seco (kg/m <sup>3</sup> ) C/D	1.660	1.664	1.678
<b>Promedio PUCS.</b>		<b>1.667</b>		<b>Kg/m<sup>3</sup></b>

- **Cantera Las Piedras**

**Cuadro III-9:** *Peso unitario suelto del agregado fino de la cantera "Las Piedras"*

		<b>M - 1</b>	<b>M - 2</b>	<b>M - 3</b>
A	Peso molde (gr)	1,854.00	1,854.00	1,854.00
B	Peso agregado + molde (gr)	10,218.40	10,292.90	10,206.50
C	Peso agregado suelto (gr) = B - A	8,364.40	8,438.90	8,352.50
D	Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	5,626.00	5,626.00	5,626.00
E	Peso unitario suelto seco (kg/m <sup>3</sup> ) C/D	1.487	1.500	1.485
<b>Promedio PUSS.</b>		<b>1.490</b>		<b>Kg/m<sup>3</sup></b>

**Cuadro III-10:** *Peso unitario compactado del agregado fino de la cantera "Las Piedras"*

		<b>M - 1</b>	<b>M - 2</b>	<b>M - 3</b>
A	Peso molde (gr)	1,854.00	1,854.00	1,854.00
B	Peso agregado + molde (gr)	10,825.40	10,866.20	10,855.20
C	Peso agregado suelto (gr) = B - A	8,971.40	9,012.20	9,001.20
D	Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	5,626.00	5,626.00	5,626.00
E	Peso unitario suelto seco (kg/m <sup>3</sup> ) C/D	1.595	1.602	1.600
<b>Promedio PUCS.</b>		<b>1.599</b>		<b>Kg/m<sup>3</sup></b>

- **Cantera El Pedregal**

**Cuadro III-11:** *Peso unitario suelto del agregado fino de la cantera "El Pedregal"*

		<b>M - 1</b>	<b>M - 2</b>	<b>M - 3</b>
A	Peso molde (gr)	1,854.00	1,854.00	1,854.00
B	Peso agregado + molde (gr)	10,416.00	10,443.80	10,405.50
C	Peso agregado suelto (gr) = B - A	8,562.00	8,589.80	8,551.50
D	Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	5,626.00	5,626.00	5,626.00
E	Peso unitario suelto seco (kg/m <sup>3</sup> ) C/D	1.522	1.527	1.520
<b>Promedio PUSS.</b>		<b>1.523</b>		<b>Kg/m<sup>3</sup></b>

**Cuadro III-12:** *Peso unitario compactado del agregado fino de la cantera "El Pedregal"*

		<b>M - 1</b>	<b>M - 2</b>	<b>M - 3</b>
A	Peso molde (gr)	1,854.00	1,854.00	1,854.00
B	Peso agregado + molde (gr)	11,009.70	11,040.40	11,073.60
C	Peso agregado suelto (gr) = B - A	9,155.70	9,186.40	9,219.60
D	Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	5,626.00	5,626.00	5,626.00
E	Peso unitario suelto seco (kg/m <sup>3</sup> ) C/D	1.627	1.633	1.639
<b>Promedio PUCS.</b>		<b>1.633</b>		<b>Kg/m<sup>3</sup></b>

## b. Agregado grueso

- **Cantera Muyurina**

**Cuadro III-13:** *Peso unitario suelto del agregado grueso de la cantera "Muyurina"*

		<b>M - 1</b>	<b>M - 2</b>	<b>M - 3</b>
A	Peso molde (gr)	1,854.00	1,854.00	1,854.00
B	Peso agregado + molde (gr)	9,594.20	9,497.00	9,565.00
C	Peso agregado suelto (gr) = B - A	7,740.20	7,643.00	7,711.00
D	Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	5,626.00	5,626.00	5,626.00
E	Peso unitario suelto seco (kg/m <sup>3</sup> ) C/D	1.376	1.359	1.371
<b>Promedio PUSS.</b>		<b>1.368</b>		<b>Kg/m<sup>3</sup></b>

**Cuadro III-14:** *Peso unitario compactado del agregado grueso de la cantera "Muyurina"*

		<b>M - 1</b>	<b>M - 2</b>	<b>M - 3</b>
A	Peso molde (gr)	1,854.00	1,854.00	1,854.00
B	Peso agregado + molde (gr)	10,033.00	10,050.70	10,105.40
C	Peso agregado suelto (gr) = B - A	8,179.00	8,196.70	8,251.40
D	Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	5,626.00	5,626.00	5,626.00
E	Peso unitario suelto seco (kg/m <sup>3</sup> ) C/D	1.454	1.457	1.467
<b>Promedio PUCS.</b>		<b>1.459</b>		<b>Kg/m<sup>3</sup></b>

- **Cantera Las Piedras**

**Cuadro III-15:** *Peso unitario suelto del agregado grueso de la cantera "Las Piedras"*

		<b>M - 1</b>	<b>M - 2</b>	<b>M - 3</b>
A	Peso molde (gr)	1,854.00	1,854.00	1,854.00
B	Peso agregado + molde (gr)	9,476.00	9,485.30	9,397.00
C	Peso agregado suelto (gr) = B - A	7,622.00	7,631.30	7,543.00
D	Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	5,626.00	5,626.00	5,626.00
E	Peso unitario suelto seco (kg/m <sup>3</sup> ) C/D	1.355	1.356	1.341
<b>Promedio PUSS.</b>		<b>1.351</b>		<b>Kg/m<sup>3</sup></b>

**Cuadro III-16:** *Peso unitario compactado del agregado grueso de la cantera "Las piedras"*

		<b>M - 1</b>	<b>M - 2</b>	<b>M - 3</b>
A	Peso molde (gr)	1,854.00	1,854.00	1,854.00
B	Peso agregado + molde (gr)	9,982.40	10,059.80	10,117.60
C	Peso agregado suelto (gr) = B - A	8,128.40	8,205.80	8,263.60
D	Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	5,626.00	5,626.00	5,626.00
E	Peso unitario suelto seco (kg/m <sup>3</sup> ) C/D	1.445	1.459	1.469
<b>Promedio PUCS.</b>		<b>1.457</b>		<b>Kg/m<sup>3</sup></b>

- **Cantera El Pedregal**

**Cuadro III-17:** *Peso unitario suelto del agregado grueso de la cantera "El Pedregal"*

		<b>M - 1</b>	<b>M - 2</b>	<b>M - 3</b>
A	Peso molde (gr)	1,854.00	1,854.00	1,854.00
B	Peso agregado + molde (gr)	9,535.10	9,491.20	9,481.00
C	Peso agregado suelto (gr) = B - A	7,681.10	7,637.20	7,627.00
D	Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	5,626.00	5,626.00	5,626.00
E	Peso unitario suelto seco (kg/m <sup>3</sup> ) C/D	1.365	1.357	1.356
<b>Promedio PUSS.</b>		<b>1.359</b>		<b>Kg/m<sup>3</sup></b>

**Cuadro III-18:** *Peso unitario compactado del agregado grueso de la cantera "El Pedregal"*

		<b>M - 1</b>	<b>M - 2</b>	<b>M - 3</b>
A	Peso molde (gr)	1,854.00	1,854.00	1,854.00
B	Peso agregado + molde (gr)	10,007.70	10,055.30	9,481.00
C	Peso agregado suelto (gr) = B - A	8,153.70	8,201.30	7,627.00
D	Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	5,626.00	5,626.00	5,626.00
E	Peso unitario suelto seco (kg/m <sup>3</sup> ) C/D	1.449	1.458	1.356
<b>Promedio PUCS.</b>		<b>1.421</b>		<b>Kg/m<sup>3</sup></b>

### 3.1.4. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN

#### a. **Peso específico y absorción de agregados**

- **Cantera Muyurina**

**Cuadro III-19:** *Peso específico y absorción del agregado grueso (piedra chancada) de la cantera "Muyurina"*

	<b>IDENTIFICACIÓN</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>Promedio</b>
A	Peso en el aire de la muestra seca (gr)	801.70	801.70	
B	Peso en el aire de la muestra SSS (gr)	818.70	818.70	
C	Peso sumergido en agua de la muestra SSS (gr)	497.50	497.50	
	Peso específico aparente = A/(B-C)	2.50	2.50	<b>2.50</b>
	Peso específico aparente SSS = B/(B-C)	2.55	2.55	<b>2.55</b>
	Peso específico nominal = A/(A-C)	2.64	2.64	<b>2.64</b>
	% de absorción = ((B-A)/A) x 100	2.12	2.12	<b>2.12</b>

**Cuadro III-20:** *Peso específico y absorción del agregado fino de la cantera "Muyurina"*

IDENTIFICACIÓN		I	II	Promedio
A	Peso en el aire de la muestra seca (gr)	296.50	296.50	
B	Peso del picnómetro aforado lleno de agua (gr)	675.30	675.30	
C	Peso del picnómetro con la muestra y agua (gr)	857.60	857.60	
D	Peso de la muestra en SSS (gr)	300.00	300.00	
	Peso específico aparente = $A/(B-C+D)$	2.52	2.52	<b>2.52</b>
	Peso específico aparente SSS = $D/(B-C+D)$	2.55	2.55	<b>2.55</b>
	Peso específico nominal = $A/(A-C+B)$	2.60	2.60	<b>2.60</b>
	% de absorción = $((D-A)/A) \times 100$	1.18	1.18	<b>1.18</b>

- **Cantera Las Piedras**

**Cuadro III-21:** *Peso específico y absorción del agregado grueso (piedra chancada) de la cantera "Las Piedras"*

IDENTIFICACIÓN		I	II	Promedio
A	Peso en el aire de la muestra seca (gr)	815.40	815.40	
B	Peso en el aire de la muestra SSS (gr)	841.20	841.20	
C	Peso sumergido en agua de la muestra SSS (gr)	506.60	506.60	
	Peso específico aparente = $A/(B-C)$	2.44	2.44	<b>2.44</b>
	Peso específico aparente SSS = $B/(B-C)$	2.51	2.51	<b>2.51</b>
	Peso específico nominal = $A/(A-C)$	2.64	2.64	<b>2.64</b>
	% de absorción = $((B-A)/A) \times 100$	3.16	3.16	<b>3.16</b>

**Cuadro III-22:** *Peso específico y absorción del agregado fino de la cantera "Las Piedras"*

IDENTIFICACIÓN		I	II	Promedio
A	Peso en el aire de la muestra seca (gr)	294.00	294.00	
B	Peso del picnómetro aforado lleno de agua (gr)	675.30	675.30	
C	Peso del picnómetro con la muestra y agua (gr)	859.20	859.20	
D	Peso de la muestra en SSS (gr)	300.00	300.00	
	Peso específico aparente = $A/(B-C+D)$	2.53	2.53	<b>2.53</b>
	Peso específico aparente SSS = $D/(B-C+D)$	2.58	2.58	<b>2.58</b>
	Peso específico nominal = $A/(A-C+B)$	2.67	2.67	<b>2.67</b>
	% de absorción = $((D-A)/A) \times 100$	2.04	2.04	<b>2.04</b>

- **Cantera El Pedregal**

**Cuadro III-23:** *Peso específico y absorción del agregado grueso (piedra chancada) de la cantera "El Pedregal"*

IDENTIFICACIÓN		I	II	Promedio
A	Peso en el aire de la muestra seca (gr)	1,140.00	1,140.00	
B	Peso en el aire de la muestra SSS (gr)	1,159.40	1,159.40	
C	Peso sumergido en agua de la muestra SSS (gr)	720.40	720.40	
	Peso específico aparente = $A/(B-C)$	2.60	2.60	<b>2.60</b>
	Peso específico aparente SSS = $B/(B-C)$	2.64	2.64	<b>2.64</b>
	Peso específico nominal = $A/(A-C)$	2.72	2.72	<b>2.72</b>
	% de absorción = $((B-A)/A) \times 100$	1.70	1.70	<b>1.70</b>

**Cuadro III-24:** *Peso específico y absorción del agregado fino de la cantera "El Pedregal"*

IDENTIFICACIÓN		I	II	Promedio
A	Peso en el aire de la muestra seca (gr)	490.50	490.50	
B	Peso del picnómetro aforado lleno de agua (gr)	655.70	655.70	
C	Peso del picnómetro con la muestra y agua (gr)	961.80	961.80	
D	Peso de la muestra en SSS (gr)	500.00	500.00	
	Peso específico aparente = $A/(B-C+D)$	2.53	2.53	<b>2.53</b>
	Peso específico aparente SSS = $D/(B-C+D)$	2.58	2.58	<b>2.58</b>
	Peso específico nominal = $A/(A-C+B)$	2.66	2.66	<b>2.66</b>
	% de absorción = $((D-A)/A) \times 100$	1.94	1.94	<b>1.94</b>

### 3.1.5. PORCENTAJE DE HUMEDAD Y VACIOS

#### a. Porcentaje de Humedad

- **Cantera Muyurina**

**Cuadro III-25:** *% humedad del agregado fino de la cantera "Muyurina"*

Peso natural (gr)	545.3	<b>0.350</b> %
Peso seco (gr)	543.4	

**Cuadro III-26:** *% humedad del agregado grueso de la cantera "Muyurina"*

Peso natural (gr)	3,697.30	<b>0.678</b> %
Peso seco (gr)	3,672.40	

- **Cantera Las Piedras**

**Cuadro III-27:** % humedad del agregado fino de la cantera "Las Piedras"

Peso natural (gr)	932.40	<b>0.420</b>	<b>%</b>
Peso seco (gr)	928.50		

**Cuadro III-28:** % humedad del agregado grueso de la cantera "Las Piedras"

Peso natural (gr)	3,253.40	<b>0.781</b>	<b>%</b>
Peso seco (gr)	3,228.20		

- **Cantera El Pedregal**

**Cuadro III-29:** % humedad del agregado fino de la cantera "El Pedregal"

Peso natural (gr)	1,585.60	<b>0.380</b>	<b>%</b>
Peso seco (gr)	1,579.60		

**Cuadro III-30:** % humedad del agregado grueso de la cantera "El Pedregal"

Peso natural (gr)	2,524.80	<b>0.698</b>	<b>%</b>
Peso seco (gr)	2,507.30		

**b. Porcentaje de vacíos**

- **Cantera Muyurina**

**Cuadro III-31:** % vacíos del agregado grueso de la cantera "Muyurina"

Peso específico aparente de suelo	2.50	<b>41.55</b>	<b>%</b>
Densidad de agua a temp. 19°C	998.49 kg/m <sup>3</sup>		
PUC agregado grueso	1,459.00 kg/m <sup>3</sup>		

- **Cantera Las Piedras**

**Cuadro III-32:** % vacíos del agregado grueso de la cantera "Las Piedras"

Peso específico aparente de suelo	2.53	<b>42.32</b>	<b>%</b>
Densidad de agua a temp. 19°C	998.49 kg/m <sup>3</sup>		
PUC agregado grueso	1,457.00 kg/m <sup>3</sup>		

- **Cantera El Pedregal**

**Cuadro III-33:** % vacíos del agregado grueso de la cantera "El Pedregal"

Peso específico aparente de suelo	2.60	<b>43.84</b>	<b>%</b>
Densidad de agua a temp. 19°C	998.49 kg/m <sup>3</sup>		
PUC agregado	1,458.00 kg/m <sup>3</sup>		

### 3.1.6. RESISTENCIA A LA CONGELACION E INTEMPERISMO

#### a. Resistencia del agregado a sulfato de sodio o sulfato de magnesio

- **Cantera Muyurina**

**Cuadro III-34:** Durabilidad del agregado fino a sulfato de magnesio de la cantera "Muyurina"

Retenido Tamiz	P. Inicial (grs)	P. Final (grs)	Desgaste Inicial (%)	Desgaste Final (%)
N° 4 4.76mm	100.00	83.60	0.00	16.40
N° 8 2.38mm	100.00	92.90	0.00	7.10
N° 16 1.19mm	100.00	93.70	0.00	6.30
N° 30 0.59mm	100.00	93.80	0.00	6.20
N° 50 0.297mm	100.00	95.60	0.00	4.40
<b>TOTAL</b>	<b>500.00</b>	<b>459.60</b>	<b>0.00</b>	<b>8.08</b>

**Cuadro III-35:** Durabilidad del agregado grueso a sulfato de magnesio de la cantera "Muyurina"

Retenido Tamiz	P. Inicial (grs)	P. Final (grs)	Desgaste Inicial (%)	Desgaste Final (%)
1" 25mm	1,000.00	969.10	0.00	3.09
3/4" 19mm	500.00	459.90	0.00	8.02
1/2" 12.5mm	670.00	635.00	0.00	5.22
3/8" 9.5mm	330.00	296.40	0.00	10.18
1/4" 6.3mm	300.00	262.20	0.00	12.60
<b>TOTAL</b>	<b>2,800.00</b>	<b>2,622.60</b>	<b>0.00</b>	<b>7.82</b>

- **Cantera Las piedras**

**Cuadro III-36:** Durabilidad del agregado fino a sulfato de magnesio de la cantera "Las Piedras"

Retenido Tamiz	P. Inicial (grs)	P. Final (grs)	Desgaste Inicial (%)	Desgaste Final (%)
N° 4 4.76mm	100.00	84.90	0.00	15.10
N° 8 2.38mm	100.00	87.30	0.00	12.70
N° 16 1.19mm	100.00	88.70	0.00	11.30
N° 30 0.59mm	100.00	91.70	0.00	8.30
N° 50 0.297mm	100.00	91.10	0.00	8.90
<b>TOTAL</b>	<b>500.00</b>	<b>443.70</b>	<b>0.00</b>	<b>11.26</b>

**Cuadro III-37:** Durabilidad del agregado grueso a sulfato de magnesio de la cantera "Las Piedras"

Retenido Tamiz	P. Inicial (grs)	P. Final (grs)	Desgaste Inicial (%)	Desgaste Final (%)
1" 25mm	1,000.00	932.40	0.00	6.76
3/4" 19mm	500.00	461.30	0.00	7.74
1/2" 12.5mm	670.00	621.20	0.00	7.28
3/8" 9.5mm	330.00	299.30	0.00	9.30
1/4" 6.3mm	300.00	284.10	0.00	5.30
<b>TOTAL</b>	<b>2,800.00</b>	<b>2,598.30</b>	<b>0.00</b>	<b>7.28</b>

- **Cantera El Pedregal**

**Cuadro III-38:** Durabilidad del agregado fino a sulfato de magnesio de la cantera "El Pedregal"

Retenido Tamiz	P. Inicial (grs)	P. Final (grs)	Desgaste Inicial (%)	Desgaste Final (%)
N° 4 4.76mm	100.00	98.30	0.00	1.70
N° 8 2.38mm	100.00	95.70	0.00	4.30
N° 16 1.19mm	100.00	89.50	0.00	10.50
N° 30 0.59mm	100.00	91.10	0.00	8.90
N° 50 0.297mm	100.00	94.70	0.00	5.30
<b>TOTAL</b>	<b>500.00</b>	<b>469.30</b>	<b>0.00</b>	<b>6.14</b>

**Cuadro III-39:** Durabilidad del agregado grueso a sulfato de magnesio de la cantera "El Pedregal"

Retenido Tamiz		P. Inicial (grs)	P. Final (grs)	Desgaste Inicial (%)	Desgaste Final (%)
1"	25mm	1,000.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19mm	500.00	469.80	0.00	6.04
1/2"	12.5mm	670.00	645.00	0.00	3.73
3/8"	9.5mm	330.00	298.20	0.00	9.64
1/4"	6.3mm	300.00	272.20	0.00	9.27
<b>TOTAL</b>		<b>2,800.00</b>	<b>1,685.20</b>	<b>0.00</b>	<b>25.73</b>

### 3.1.7. RESISTENCIA AL DESGASTE

#### a. Cantera Muyurina

**Cuadro III-40:** Resistencia al desgaste del agregado grueso (piedra chancada) de la cantera de "Muyurina"

Granulometría de la muestra del agregado para ensayo						
Pasa Tamiz		Retenido Tamiz		A (12 esf) Peso (gr)	A (11 esf) Peso (gr)	A (8 esf) Peso (gr)
1 1/2"	37.5mm	1"	25mm	1,251.00		
1"	25mm	3/4"	19mm	1,249.00		
3/4"	19mm	1/2"	12.5mm	1,250.00		
1/2"	12.5mm	3/8"	9.5mm	1,250.00		
3/8"	9.5mm	1/4"	6.3mm			
1/4"	6.3mm	N°4	4.75mm			
N°4	4.75mm	N°8	2.36mm			
<b>TOTAL (gr)</b>				<b>5,000.00</b>		
Muestra después del ensayo						
Peso de la muestra después del ensayo				3,783.00		
<b>% de desgaste</b>				<b>24.30</b>		

### b. Cantera Las Piedras

**Cuadro III-41:** Resistencia al desgaste del agregado grueso (piedra chancada) de la cantera de "Las Piedras"

<b>Granulometría de la muestra del agregado para ensayo</b>						
<b>Pasa Tamiz</b>		<b>Retenido Tamiz</b>		<b>A (12 esf) Peso (gr)</b>	<b>A (11 esf) Peso (gr)</b>	<b>A (8 esf) Peso (gr)</b>
1 1/2"	37.5mm	1"	25mm	1,250.00		
1"	25mm	3/4"	19mm	1,250.00		
3/4"	19mm	1/2"	12.5mm	1,250.00		
1/2"	12.5mm	3/8"	9.5mm	1,250.00		
3/8"	9.5mm	1/4"	6.3mm			
1/4"	6.3mm	N°4	4.75mm			
N°4	4.75mm	N°8	2.36mm			
<b>TOTAL (gr)</b>				<b>5,000.00</b>		
<b>Muestra después del ensayo</b>						
Peso de la muestra después del ensayo				3,698.00		
<b>% de desgaste</b>				<b>26.00</b>		

### c. Cantera El Pedregal

**Cuadro III-42:** Resistencia al desgaste del agregado grueso (piedra chancada) de la cantera de "El Pedregal"

<b>Granulometría de la muestra del agregado para ensayo</b>						
<b>Pasa Tamiz</b>		<b>Retenido Tamiz</b>		<b>A (12 esf) Peso (gr)</b>	<b>A (11 esf) Peso (gr)</b>	<b>A (8 esf) Peso (gr)</b>
1 1/2"	37.5mm	1"	25mm	1,254.30		
1"	25mm	3/4"	19mm	1,252.20		
3/4"	19mm	1/2"	12.5mm	1,251.30		
1/2"	12.5mm	3/8"	9.5mm	1,249.80		
3/8"	9.5mm	1/4"	6.3mm			
1/4"	6.3mm	N°4	4.75mm			
N°4	4.75mm	N°8	2.36mm			
<b>TOTAL (gr)</b>				<b>5,007.60</b>		
<b>Muestra después del ensayo</b>						
Peso de la muestra después del ensayo				4,204.00		
<b>% de desgaste</b>				<b>16.00</b>		

### 3.1.8. PRUEBA EQUIVALENTE ARENA

#### a. Cantera Muyurina

Cuadro III-43: *Equivalente de arena de la cantera de "Muyurina"*

N° De ensayos	1	2	3
Hora de entrada	11: 16 a.m.	11:18 a.m.	11: 20 a.m.
Hora de salida	11: 26 a.m.	11:28 a.m.	11: 30 a.m.
Hora de entrada	11: 28 a.m.	11:30 a.m.	11: 32 a.m.
Hora de salida	11: 48 a.m.	11:50 a.m.	11: 52 a.m.
Lectura del fino	4.50	4.50	4.85
Lectura de arena	4.00	4.00	3.80
% de equivalente de arena	88.89	88.89	78.35
Equivalente de arena promedio	<b>85.37%</b>		

#### b. Cantera Las Piedras

Cuadro III-44. *Equivalente de arena de la cantera de "Las Piedras"*

N° De ensayos	1	2	3
Hora de entrada	11: 45 a.m.	11:47 a.m.	11: 49 a.m.
Hora de salida	11: 55 a.m.	11:57 a.m.	11: 59 a.m.
Hora de entrada	11: 57 a.m.	11:59 a.m.	12: 01 p.m.
Hora de salida	12: 17 p.m.	12:19 p.m.	12: 21 p.m.
Lectura del fino	5.30	4.90	5.00
Lectura de arena	4.30	4.00	3.90
% de equivalente de arena	81.13	81.63	78.00
Equivalente de arena promedio	<b>80.25%</b>		

#### c. Cantera El Pedregal

Cuadro III-45. *Equivalente de arena de la cantera de "El Pedregal"*

N° De ensayos	1	2	3
Hora de entrada	11: 20 a.m.	11:22 a.m.	11: 24 a.m.
Hora de salida	11: 28 a.m.	11:30 a.m.	11: 32 a.m.
Hora de entrada	11: 32 a.m.	11:34 a.m.	11: 36 a.m.
Hora de salida	11: 44 a.m.	11:46 a.m.	11: 48 a.m.
Lectura del fino	4.35	4.40	4.45
Lectura de arena	4.00	4.20	3.80
% de equivalente de arena	86.52	86.62	75.35
Equivalente de arena promedio	<b>82.83%</b>		

### 3.2. RESULTADO QUÍMICO DE LOS AGREGADOS

Cuadro III-46: Contenido de cloruro y sulfato en los agregados"

<b>CANTERA</b>	<b>SULFATO COMO ION SO4</b>	<b>CLORURO COMO ION CL-</b>
<b>"MUYURINA"</b>		
Agregado grueso	No contiene	16.0
Agregado fino	No contiene	14.5
<b>"LAS PIEDRAS"</b>		
Agregado grueso	1.0	15.5
Agregado fino	1.5	13.5
<b>"EL PEDREGAL"</b>		
Agregado grueso	No se hizo	No se hizo
Agregado fino	No se hizo	No se hizo

### 3.3. RESULTADO DE DOSIFICACION DE AGREGADOS Y ENSAYO DEL CONCRETO A LA COMPRESIÓN

**Cuadro III-47:** Dosificación, slump, transporte, compactación y resultados a compresión de muestras (15 cm x 30 cm) de la vivienda N° 01

#### Datos de campo

Materiales	Cemento Portland T- I	1 bols.	=	0.03 m <sup>3</sup>
	Piedra chancada de 1/2"	16 palas	=	0.91 m <sup>3</sup>
	Arena	20 palas	=	1.03 m <sup>3</sup>
	Agua		=	32 lts.
Cantera	Las Piedras			
Revenimiento (aprox.)	9 -12 pulg.			
Traslado	Wincha y carretilla			
Compactación	No utilizo			
Nivel de techo	Segundo			

#### Datos de laboratorio

	M - 1	M - 2	=	L/D M - 1	L/D M - 2	L/D > 1.8
Diámetro (cm)	14.9	14.9	=	2	2.01	
Longitud (cm)	29.8	30	=			
Peso (Kg)	10.755 kg	10.625 kg				

Nº	DISEÑO (f'c) (kg/cm <sup>2</sup> )	TESTIGO DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (DIAS)	PESO VOLUM. (g/cm <sup>3</sup> )	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )
M-1	210	LOSA ALIGERADA	30/01/16	27/02/16	28	2.32	14.90	174.37	9,977.00	57.22
M-2	210	LOSA ALIGERADA	30/01/16	27/02/16	28	2.32	14.90	174.37	7,620.00	43.70

#### NOTA

5 Palas = 1 pie<sup>3</sup> = 0.02832 m<sup>3</sup> de piedra chancada de 1/2"

5.5 palas = 1 pie<sup>3</sup> = 0.02832 m<sup>3</sup> de arena gruesa

1 litro de agua = 0.001 m<sup>3</sup> de agua

**Cuadro III-48:** Dosificación, slump, transporte, compactación y resultados a compresión de muestra (15 cm x 30 cm) de la vivienda N° 02

**Datos de campo**

Materiales	Cemento Portland T- I	1.00 bols	=	0.03 m <sup>3</sup>
	Piedra chancada de 1/2"	16.00 palas	=	0.91 m <sup>3</sup>
	Arena	20.00 palas	=	1.03 m <sup>3</sup>
	Agua		=	22.00 lts
Cantera	Muyurina			
Revenimiento	(aprox.) 6 - 9 pulg			
Traslado	A baldes			
Compactación	No utilizo			
Nivel de techo	Primero			

**Datos de laboratorio**

	M - 1	M - 2	=	L/D M - 1	L/D M - 2	L/D > 1.8
Diámetro (cm)	15.00	15.00	=	2.00	2.00	
Longitud (cm)	30.00	30.00	=			
Peso	11.240 kg	11.185 kg				

Nº	DISEÑO (f'c) (kg/cm <sup>2</sup> )	TESTIGO DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (DIAS)	PESO VOLUM. (g/cm <sup>3</sup> )	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )
M-1	210	LOSA ALIGERADA	30/01/16	27/02/16	28	2.32	15.00	176.71	27,932.80	158.07
M-2	210	LOSA ALIGERADA	30/01/16	27/02/16	28	2.32	15.00	176.71	26,665.30	150.89

**NOTA**

5 Palas = 1 pie<sup>3</sup> = 0.02832 m<sup>3</sup> de piedra chancada de 1/2"

5.5 palas = 1 pie<sup>3</sup> = 0.02832 m<sup>3</sup> de arena gruesa

1 litro de agua = 0.001 m<sup>3</sup> de agua

**Cuadro III-49:** Dosificación, slump, transporte, compactación y resultados a compresión de muestra (15 cm x 30 cm) de la vivienda N° 03

**Datos de campo**

Materiales	Cemento Portland T- I	1.00 bols	=	0.03 m <sup>3</sup>
	Piedra chancada de 1/2"	16.00 palas	=	0.91 m <sup>3</sup>
	Arena	12.00 palas	=	0.62 m <sup>3</sup>
	Agua		=	23.00 lts
Cantera	Muyurina			
Revenimiento	(aprox.) 5 - 8 pulg			
Traslado	A baldes			
Compactación	No utilizo			
Nivel de techo	Primero			

**Datos de laboratorio**

	M - 1	M - 2	=	L/D M - 1	L/D M - 2	L/D > 1.8
Diámetro (cm)	14.90	15.00	=	2.00	1.99	
Longitud (cm)	29.80	29.90	=			
Peso	11.385 kg	11.286 kg				

Nº	DISEÑO (f'c) (kg/cm <sup>2</sup> )	TESTIGO DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (DIAS)	PESO VOLUM. (g/cm <sup>3</sup> )	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )
M-1	210	LOSA ALIGERADA	30/01/16	27/02/16	28	2.32	14.90	174.37	29,863.80	171.27
M-2	210	LOSA ALIGERADA	30/01/16	27/02/16	28	2.32	15.00	176.71	28,104.70	159.04

**NOTA**

5 Palas = 1 pie<sup>3</sup> = 0.02832 m<sup>3</sup> de piedra chancada de 1/2"

5.5 palas = 1 pie<sup>3</sup> = 0.02832 m<sup>3</sup> de arena gruesa

1 litro de agua = 0.001 m<sup>3</sup> de agua

**Cuadro III-50:** Dosificación, slump, transporte, compactación y resultados a compresión de muestra (15 cm x 30 cm) de la vivienda N° 04

**Datos de campo**

Materiales	Cemento Portland T- I	1.00 bols	=	0.03 m <sup>3</sup>
	Piedra chancada de 1/2"	14.00 palas	=	0.79 m <sup>3</sup>
	Arena	12.00 palas	=	0.62 m <sup>3</sup>
	Agua		=	18.00 lts
Cantera	El Pedregal			
Revenimiento	(aprox.) 3 - 5 pulg			
Traslado	Wincha y carretilla			
Compactación	No utilizo			
Nivel de techo	Segundo			

**Datos de laboratorio**

	M - 1	M - 2	=	L/D M - 1	L/D M - 2	L/D > 1.8
Diámetro (cm)	15.00	14.90	=	1.99	2.00	
Longitud (cm)	29.80	29.80	=			
Peso	11.655 kg	11.465 kg				

Nº	DISEÑO (f'c) (kg/cm <sup>2</sup> )	TESTIGO DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (DIAS)	PESO VOLUM. (g/cm <sup>3</sup> )	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )
M-1	210	LOSA ALIGERADA	04/02/16	03/03/16	28	2.32	15.00	176.71	42,100.00	238.24
M-2	210	LOSA ALIGERADA	04/02/16	03/03/16	28	2.32	14.90	174.37	38,000.00	217.93

**NOTA**

5 Palas = 1 pie<sup>3</sup> = 0.02832 m<sup>3</sup> de piedra chancada de 1/2"

5.5 palas = 1 pie<sup>3</sup> = 0.02832 m<sup>3</sup> de arena gruesa

1 litro de agua = 0.001 m<sup>3</sup> de agua

**Cuadro III-51:** Dosificación, slump, transporte, compactación y resultados a compresión de muestra (15 cm x 30 cm) de la vivienda N° 05

**Datos de campo**

Material	Cemento Portland T- I	1.00 bols	=	0.03 m <sup>3</sup>
	Piedra chancada de 1/2"	14.00 palas	=	0.79 m <sup>3</sup>
	Arena	16.00 palas	=	0.82 m <sup>3</sup>
	Agua		=	26.00 lts
Cantera	Las Piedras			
Revenimiento	(aprox.) 8 - 11 pulg			
Traslado	Carretilla			
Compactación	No utilizo			
Nivel de techo	Primero			

**Datos de laboratorio**

	M - 1	M - 2	=	L/D M - 1	L/D M - 2	L/D > 1.8
Diámetro (cm)	15.00	15.00	=	1.99	1.99	
Longitud (cm)	29.80	29.80	=			
Peso	10.885 kg	10.732 kg				

Nº	DISEÑO (f'c) (kg/cm <sup>2</sup> )	TESTIGO DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (DIAS)	PESO VOLUM. (g/cm <sup>3</sup> )	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )
M-1	210	LOSA ALIGERADA	05/02/16	04/03/16	28	2.32	15.00	176.71	12,841.70	72.67
M-2	210	LOSA ALIGERADA	05/02/16	04/03/16	28	2.32	15.00	176.71	9,850.60	55.74

**NOTA**

5 Palas = 1 pie<sup>3</sup> = 0.02832 m<sup>3</sup> de piedra chancada de 1/2"

5.5 palas = 1 pie<sup>3</sup> = 0.02832 m<sup>3</sup> de arena gruesa

1 litro de agua = 0.001 m<sup>3</sup> de agua

**Cuadro III-52:** Dosificación, slump, transporte, compactación y resultados a compresión de muestra (15 cm x 30 cm) de la vivienda N° 06

**Datos de campo**

Materiales	Cemento Portland T- I	1.00 bols	=	0.03 m <sup>3</sup>
	Piedra chancada de 1/2"	16.00 palas	=	0.91 m <sup>3</sup>
	Arena	14.00 palas	=	0.72 m <sup>3</sup>
	Agua		=	29.00 lts
Cantera	Muyurina			
Revenimiento	(aprox.) 9 -12 pulg			
Traslado	Wincha y carretilla			
Compactación	No utilizo			
Nivel de techo	Tercero			

**Datos de laboratorio**

	M - 1	M - 2	=	L/D M - 1	L/D M - 2	L/D > 1.8
Diámetro (cm)	14.90	14.90	=	2.01	2.01	
Longitud (cm)	30.00	30.00	=			
Peso	10.714 kg	10.685 kg				

Nº	DISEÑO (f'c) (kg/cm <sup>2</sup> )	TESTIGO DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (DIAS)	PESO VOLUM. (g/cm <sup>3</sup> )	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )
M-1	210	LOSA ALIGERADA	05/02/16	04/03/16	28	2.32	14.90	174.37	10,850.60	62.23
M-2	210	LOSA ALIGERADA	05/02/16	04/03/16	28	2.32	14.90	174.37	8,846.50	50.74

**NOTA**

5 Palas = 1 pie<sup>3</sup> = 0.02832 m<sup>3</sup> de piedra chancada de 1/2"

5.5 palas = 1 pie<sup>3</sup> = 0.02832 m<sup>3</sup> de arena gruesa

1 litro de agua = 0.001 m<sup>3</sup> de agua

**Cuadro III-53:** Dosificación, slump, transporte, compactación y resultados a compresión de muestra (15 cm x 30 cm) de la vivienda N° 07

**Datos de campo**

Materiales	Cemento Portland T- I	1.00 bols	=	0.03 m <sup>3</sup>
	Piedra chancada de 1/2"	10.00 palas	=	0.57 m <sup>3</sup>
	Arena	20.00 palas	=	1.03 m <sup>3</sup>
	Agua		=	25.00 lts
Cantera	Las Piedras			
Revenimiento	(aprox.) 5 - 8 pulg			
Traslado	A baldes			
Compactación	No utilizo			
Nivel de techo	Cuarto			

**Datos de laboratorio**

	M - 1	M - 2	=	L/D M - 1	L/D M - 2	L/D > 1.8
Diámetro (cm)	14.90	14.90	=	2.00	2.00	
Longitud (cm)	29.80	29.80	=			
Peso	10.772 kg	10.685 kg				

Nº	DISEÑO (f'c) (kg/cm <sup>2</sup> )	TESTIGO DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (DIAS)	PESO VOLUM. (g/cm <sup>3</sup> )	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )
M-1	210	LOSA ALIGERADA	05/02/16	04/03/16	28	2.32	14.90	174.37	14,909.20	85.51
M-2	210	LOSA ALIGERADA	05/02/16	04/03/16	28	2.32	14.90	174.37	11,371.00	65.21

**NOTA**

5 Palas = 1 pie<sup>3</sup> = 0.02832 m<sup>3</sup> de piedra chancada de 1/2"

5.5 palas = 1 pie<sup>3</sup> = 0.02832 m<sup>3</sup> de arena gruesa

1 litro de agua = 0.001 m<sup>3</sup> de agua

**Cuadro III-54:** Dosificación, slump, transporte, compactación y resultados a compresión de muestra (15 cm x 30 cm) de la vivienda N° 08

**Datos de campo**

Materiales	Cemento Portland T- I	1.00 bols	=	0.03 m <sup>3</sup>
	Piedra chancada de 1/2"	14.00 palas	=	0.79 m <sup>3</sup>
	Arena	14.00 palas	=	0.72 m <sup>3</sup>
	Agua		=	20.00 lts
Cantera	Muyurina			
Revenimiento	(aprox.) 4 - 6 pulg			
Traslado	Wincha y carretilla			
Compactación	No utilizo			
Nivel de techo	Primero			

**Datos de laboratorio**

	M - 1	M - 2	=	L/D M - 1	L/D M - 2	L/D > 1.8
Diámetro (cm)	15.00	15.00	=	2.00	2.00	
Longitud (cm)	30.00	30.00	=			
Peso	11.265 kg	11.130 kg				

Nº	DISEÑO (f'c) (kg/cm <sup>2</sup> )	TESTIGO DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (DIAS)	PESO VOLUM. (g/cm <sup>3</sup> )	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )
M-1	210	LOSA ALIGERADA	13/02/16	12/03/16	28	2.32	15.00	176.71	38,450.00	217.58
M-2	210	LOSA ALIGERADA	13/02/16	12/03/16	28	2.32	15.00	176.71	34,895.00	197.47

**NOTA**

5 Palas = 1 pie<sup>3</sup> = 0.02832 m<sup>3</sup> de piedra chancada de 1/2"

5.5 palas = 1 pie<sup>3</sup> = 0.02832 m<sup>3</sup> de arena gruesa

1 litro de agua = 0.001 m<sup>3</sup> de agua

**Cuadro III-55:** Dosificación, slump, transporte, compactación y resultados a compresión de muestra (15 cm x 30 cm) de la vivienda N° 09

**Datos de campo**

Materiales	Cemento Portland T- I	1.00 bols	=	0.03 m <sup>3</sup>
	Piedra chancada de 1/2"	18.00 palas	=	1.02 m <sup>3</sup>
	Arena	14.00 palas	=	0.72 m <sup>3</sup>
	Agua		=	22.00 lts
Cantera	El Pedregal			
Revenimiento	(aprox.) 5 - 8 pulg			
Traslado	A baldes			
Compactación	No utilizo			
Nivel de techo	Cuarto			

**Datos de laboratorio**

	M - 1	M - 2	=	L/D M - 1	L/D M - 2	L/D > 1.8
Diámetro (cm)	14.90	14.90	=	2.00	2.00	
Longitud (cm)	29.80	29.80	=			
Peso	11.248 kg	11.180 kg				

Nº	DISEÑO (f'c) (kg/cm <sup>2</sup> )	TESTIGO DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (DIAS)	PESO VOLUM. (g/cm <sup>3</sup> )	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )
M-1	210	LOSA ALIGERADA	13/02/16	12/03/16	28	2.32	14.90	174.37	29,446.00	168.87
M-2	210	LOSA ALIGERADA	13/02/16	12/03/16	28	2.32	14.90	174.37	22,907.90	131.38

**NOTA**

5 Palas = 1 pie<sup>3</sup> = 0.02832 m<sup>3</sup> de piedra chancada de 1/2"

5.5 palas = 1 pie<sup>3</sup> = 0.02832 m<sup>3</sup> de arena gruesa

1 litro de agua = 0.001 m<sup>3</sup> de agua

**Cuadro III-56:** Dosificación, slump, transporte, compactación y resultados a compresión de muestra (15 cm x 30 cm) de la vivienda N° 10

**Datos de campo**

Material	Cemento Portland T- I	1.00 bols	=	0.03 m <sup>3</sup>
	Piedra chancada de 1/2"	14.00 palas	=	0.79 m <sup>3</sup>
	Arena	20.00 palas	=	1.03 m <sup>3</sup>
	Agua		=	30.00 lts
Cantera	Muyurina			
Revenimiento	(aprox.) 9 - 12 pulg			
Traslado	A baldes			
Compactación	No utilizo			
Nivel de techo	Tercero			

**Datos de laboratorio**

	M - 1	M - 2	=	L/D M - 1	L/D M - 2	L/D > 1.8
Diámetro (cm)	14.90	14.90	=	2.01	2.01	
Longitud (cm)	30.00	29.90	=			
Peso	11.526 kg	11.491 kg				

Nº	DISEÑO (f'c) (kg/cm <sup>2</sup> )	TESTIGO DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (DIAS)	PESO VOLUM. (g/cm <sup>3</sup> )	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )
M-1	210	LOSA ALIGERADA	13/02/16	12/03/16	28	2.32	14.90	174.37	9,285.12	53.25
M-2	210	LOSA ALIGERADA	13/02/16	12/03/16	28	2.32	14.90	174.37	8,180.30	46.91

**NOTA**

5 Palas = 1 pie<sup>3</sup> = 0.02832 m<sup>3</sup> de piedra chancada de 1/2"

5.5 palas = 1 pie<sup>3</sup> = 0.02832 m<sup>3</sup> de arena gruesa

1 litro de agua = 0.001 m<sup>3</sup> de agua

**Cuadro III-57:** Dosificación, slump, transporte, compactación y resultados a compresión de muestra (15 cm x 30 cm) de la vivienda N° 11

**Datos de campo**

Materiales	Cemento Portland T- I	1.00 bols	=	0.03 m <sup>3</sup>
	Piedra chancada de 1/2"	18.00 palas	=	1.02 m <sup>3</sup>
	Arena	14.00 palas	=	0.72 m <sup>3</sup>
	Agua		=	24.00 lts
Cantera	El Pedregal			
Revenimiento	(aprox.) 6 - 9 pulg			
Traslado	A balde			
Compactación	No utilizo			
Nivel de techo	Segundo			

**Datos de laboratorio**

	M - 1	M - 2	=	L/D M - 1	L/D M - 2	L/D > 1.8
Diámetro (cm)	15.00	15.00	=	1.99	2.00	
Longitud (cm)	29.80	30.00	=			
Peso	11.361 kg	11.262 kg				

Nº	DISEÑO (f'c) (kg/cm <sup>2</sup> )	TESTIGO DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (DIAS)	PESO VOLUM. (g/cm <sup>3</sup> )	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )
M-1	210	LOSA ALIGERADA	19/02/16	18/03/16	28	2.32	15.00	176.71	20,030.50	113.35
M-2	210	LOSA ALIGERADA	19/02/16	18/03/16	28	2.32	15.00	176.71	17,206.20	97.37

**NOTA**

5 Palas = 1 pie<sup>3</sup> = 0.02832 m<sup>3</sup> de piedra chancada de 1/2"

5.5 palas = 1 pie<sup>3</sup> = 0.02832 m<sup>3</sup> de arena gruesa

1 litro de agua = 0.001 m<sup>3</sup> de agua

**Cuadro III-58:** Dosificación, slump, transporte, compactación y resultados a compresión de muestra (15 cm x 30 cm) de la vivienda N° 12

**Datos de campo**

Materiales	Cemento Portland T- I	1.00 bols	=	0.03 m <sup>3</sup>
	Piedra chancada de 1/2"	14.00 palas	=	0.79 m <sup>3</sup>
	Arena	14.00 palas	=	0.72 m <sup>3</sup>
	Agua		=	20.00 lts
Cantera	Muyurina			
Revenimiento	(aprox.) 3 - 5 pulg			
Traslado	Wincha y carretilla			
Compactación	Si utilizo			
Nivel de techo	Tercero			

**Datos de laboratorio**

	M - 1	M - 2	=	L/D M - 1	L/D M - 2	L/D > 1.8
Diámetro (cm)	14.90	14.90	=	2.01	2.01	
Longitud (cm)	30.00	29.90	=			
Peso	11.731 kg	11.605 kg				

Nº	DISEÑO (f'c) (kg/cm <sup>2</sup> )	TESTIGO DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (DIAS)	PESO VOLUM. (g/cm <sup>3</sup> )	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )
M-1	210	LOSA ALIGERADA	20/02/16	19/03/16	28	2.32	14.90	174.37	41,084.50	235.62
M-2	210	LOSA ALIGERADA	20/02/16	19/03/16	28	2.32	14.90	174.37	35,366.60	202.83

**NOTA**

5 Palas = 1 pie<sup>3</sup> = 0.02832 m<sup>3</sup> de piedra chancada de 1/2"

5.5 palas = 1 pie<sup>3</sup> = 0.02832 m<sup>3</sup> de arena gruesa

1 litro de agua = 0.001 m<sup>3</sup> de agua

**Cuadro III-59:** Dosificación, slump, transporte, compactación y resultados a compresión de muestra (15 cm x 30 cm) de la vivienda N° 13

**Datos de campo**

Materiales	Cemento Portland T- I	1.00 bols	=	0.03 m <sup>3</sup>
	Piedra chancada de 1/2"	14.00 palas	=	0.79 m <sup>3</sup>
	Arena	16.00 palas	=	0.82 m <sup>3</sup>
	Agua		=	18.00 lts
Cantera	Muyurina			
Revenimiento	(aprox.) 4 - 7 pulg			
Traslado	A baldes			
Compactación	No utilizo			
Nivel de techo	Primero			

**Datos de laboratorio**

	M - 1	M - 2	=	L/D M - 1	L/D M - 2	L/D > 1.8
Diámetro (cm)	15.00	14.90	=	1.99	2.00	
Longitud (cm)	29.80	29.80	=			
Peso	11.678 kg	11.500 kg				

Nº	DISEÑO (f'c) (kg/cm <sup>2</sup> )	TESTIGO DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (DIAS)	PESO VOLUM. (g/cm <sup>3</sup> )	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )
M-1	210	LOSA ALIGERADA	20/02/16	19/03/16	28	2.32	15.00	176.71	31,836.00	180.15
M-2	210	LOSA ALIGERADA	20/02/16	19/03/16	28	2.32	14.90	174.37	29,907.60	171.52

**NOTA**

5 Palas = 1 pie<sup>3</sup> = 0.02832 m<sup>3</sup> de piedra chancada de 1/2"

5.5 palas = 1 pie<sup>3</sup> = 0.02832 m<sup>3</sup> de arena gruesa

1 litro de agua = 0.001 m<sup>3</sup> de agua

**Cuadro III-60:** Dosificación, slump, transporte, compactación y resultados a compresión de muestra (15 cm x 30 cm) de la vivienda N° 14

**Datos de campo**

Material	Cemento Portland T- I	1.00 bols	=	0.03 m <sup>3</sup>
	Piedra chancada de 1/2"	16.00 palas	=	0.91 m <sup>3</sup>
	Arena	18.00 palas	=	0.93 m <sup>3</sup>
	Agua		=	28.00 lts
Cantera	Las Piedras			
Revenimiento	(aprox.) 9 - 12 pulg			
Traslado	A baldes			
Compactación	No utilizo			
Nivel de techo	Primero			

**Datos de laboratorio**

	M - 1	M - 2	=	L/D M - 1	L/D M - 2	L/D > 1.8
Diámetro (cm)	15.00	15.00	=	1.99	1.99	
Longitud (cm)	29.80	29.80	=			
Peso	11.074 kg	10.944 kg				

Nº	DISEÑO (f'c) (kg/cm <sup>2</sup> )	TESTIGO DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (DIAS)	PESO VOLUM. (g/cm <sup>3</sup> )	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )
M-1	210	LOSA ALIGERADA	27/02/16	26/03/16	28	2.32	15.00	176.71	10,823.00	61.25
M-2	210	LOSA ALIGERADA	27/02/16	26/03/16	28	2.32	15.00	176.71	7,900.50	44.71

**NOTA**

5 Palas = 1 pie<sup>3</sup> = 0.02832 m<sup>3</sup> de piedra chancada de 1/2"

5.5 palas = 1 pie<sup>3</sup> = 0.02832 m<sup>3</sup> de arena gruesa

1 litro de agua = 0.001 m<sup>3</sup> de agua

**Cuadro III-61:** Dosificación, slump, transporte, compactación y resultados a compresión de muestra (15 cm x 30 cm) de la vivienda N° 15

**Datos de campo**

Materiales	Cemento Portland T- I	1.00 bols	=	0.03 m <sup>3</sup>
	Piedra chancada de 1/2"	18.00 palas	=	1.02 m <sup>3</sup>
	Arena	12.00 palas	=	0.62 m <sup>3</sup>
	Agua		=	26.00 lts
Cantera	Muyurina			
Revenimiento	(aprox.) 8 - 11 pulg			
Traslado	A baldes			
Compactación	No utilizo			
Nivel de techo	Tercero			

**Datos de laboratorio**

	M - 1	M - 2	=	L/D M - 1	L/D M - 2	L/D > 1.8
Diámetro (cm)	15.00	14.90	=	2.00	2.00	
Longitud (cm)	30.00	29.80	=			
Peso	11.570 kg	11.450 kg				

Nº	DISEÑO (f'c) (kg/cm <sup>2</sup> )	TESTIGO DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (DIAS)	PESO VOLUM. (g/cm <sup>3</sup> )	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )
M-1	210	LOSA ALIGERADA	27/02/16	26/03/16	28	2.32	15.00	176.71	12,610.00	71.36
M-2	210	LOSA ALIGERADA	27/02/16	26/03/16	28	2.32	14.90	174.37	8,560.30	49.09

**NOTA**

5 Palas = 1 pie<sup>3</sup> = 0.02832 m<sup>3</sup> de piedra chancada de 1/2"

5.5 palas = 1 pie<sup>3</sup> = 0.02832 m<sup>3</sup> de arena gruesa

1 litro de agua = 0.001 m<sup>3</sup> de agua

**Cuadro III-62:** Dosificación, slump, transporte, compactación y resultados a compresión de muestra (15 cm x 30 cm) de la vivienda N° 16

**Datos de campo**

Materiales	Cemento Portland T- I	1.00 bols	=	0.03 m <sup>3</sup>
	Piedra chancada de 1/2"	18.00 palas	=	1.02 m <sup>3</sup>
	Arena	20.00 palas	=	1.03 m <sup>3</sup>
	Agua		=	30.00 lts
Cantera	Muyurina			
Revenimiento	(aprox.) 9 - 12 pulg			
Traslado	Wincha y carretilla			
Compactación	No utilizo			
Nivel de techo	Primero			

**Datos de laboratorio**

	M - 1	M - 2	=	L/D M - 1	L/D M - 2	L/D > 1.8
Diámetro (cm)	14.90	14.90	=	2.00	2.00	
Longitud (cm)	29.80	29.80	=			
Peso	10.309 kg	10.162 kg				

Nº	DISEÑO (f'c) (kg/cm <sup>2</sup> )	TESTIGO DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (DIAS)	PESO VOLUM. (g/cm <sup>3</sup> )	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )
M-1	210	LOSA ALIGERADA	27/02/16	26/03/16	28	2.32	14.90	174.37	9,720.60	55.75
M-2	210	LOSA ALIGERADA	27/02/16	26/03/16	28	2.32	14.90	174.37	7,845.50	44.99

**NOTA**

5 Palas = 1 pie<sup>3</sup> = 0.02832 m<sup>3</sup> de piedra chancada de 1/2"

5.5 palas = 1 pie<sup>3</sup> = 0.02832 m<sup>3</sup> de arena gruesa

1 litro de agua = 0.001 m<sup>3</sup> de agua

**Cuadro III-63:** Dosificación, slump, transporte, compactación y resultados a compresión de muestra (15 cm x 30 cm) de la vivienda N° 17

**Datos de campo**

Materiales	Cemento Portland T- I	1.00 bols	=	0.03 m <sup>3</sup>
	Piedra chancada de 1/2"	12.00 palas	=	0.68 m <sup>3</sup>
	Arena	18.00 palas	=	0.93 m <sup>3</sup>
	Agua		=	24.00 lts
Cantera	El Pedregal			
Revenimiento	(aprox.) 6 - 9 pulg			
Traslado	Wincha y carretilla			
Compactación	No utilizo			
Nivel de techo	Segundo			

**Datos de laboratorio**

	M - 1	M - 2	=	L/D M - 1	L/D M - 2	L/D > 1.8
Diámetro (cm)	15.00	15.00	=	1.99	2.00	
Longitud (cm)	29.90	30.00	=			
Peso	11.421 kg	11.145 kg				

Nº	DISEÑO (f'c) (kg/cm <sup>2</sup> )	TESTIGO DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (DIAS)	PESO VOLUM. (g/cm <sup>3</sup> )	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )
M-1	210	LOSA ALIGERADA	05/03/16	02/04/16	28	2.32	15.00	176.71	17,844.20	100.98
M-2	210	LOSA ALIGERADA	05/03/16	02/04/16	28	2.32	15.00	176.71	14,657.40	82.94

**NOTA**

5 Palas = 1 pie<sup>3</sup> = 0.02832 m<sup>3</sup> de piedra chancada de 1/2"

5.5 palas = 1 pie<sup>3</sup> = 0.02832 m<sup>3</sup> de arena gruesa

1 litro de agua = 0.001 m<sup>3</sup> de agua

**Cuadro III-64:** Dosificación, slump, transporte, compactación y resultados a compresión de muestra (15 cm x 30 cm) de la vivienda N° 18

**Datos de campo**

Materiales	Cemento Portland T- I	1.00 bols	=	0.03 m <sup>3</sup>
	Piedra chancada de 1/2"	17.00 palas	=	0.96 m <sup>3</sup>
	Arena	17.00 palas	=	0.88 m <sup>3</sup>
	Agua		=	25.00 lts
Cantera	Muyurina			
Revenimiento	(aprox.) 6 - 9 pulg			
Traslado	Wincha y carretilla			
Compactación	No utilizo			
Nivel de techo	Tercero			

**Datos de laboratorio**

	M - 1	M - 2	=	L/D M - 1	L/D M - 2	L/D > 1.8
Diámetro (cm)	15.00	15.00	=	1.97	1.97	
Longitud (cm)	29.50	29.60	=			
Peso	10.862 kg	10.620 kg				

Nº	DISEÑO (f'c) (kg/cm <sup>2</sup> )	TESTIGO DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (DIAS)	PESO VOLUM. (g/cm <sup>3</sup> )	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )
M-1	210	LOSA ALIGERADA	05/03/16	02/04/16	28	2.32	15.00	176.71	15,625.50	88.42
M-2	210	LOSA ALIGERADA	05/03/16	02/04/16	28	2.32	15.00	176.71	10,820.50	61.23

**NOTA**

5 Palas = 1 pie<sup>3</sup> = 0.02832 m<sup>3</sup> de piedra chancada de 1/2"

5.5 palas = 1 pie<sup>3</sup> = 0.02832 m<sup>3</sup> de arena gruesa

1 litro de agua = 0.001 m<sup>3</sup> de agua

**Cuadro III-65:** Dosificación, slump, transporte, compactación y resultados a compresión de muestra (15 cm x 30 cm) de la vivienda N° 19

**Datos de campo**

Materiales	Cemento Portland T- I	1.00 bols	=	0.03 m <sup>3</sup>
	Piedra chancada de 1/2"	18.00 palas	=	1.02 m <sup>3</sup>
	Arena	12.00 palas	=	0.62 m <sup>3</sup>
	Agua		=	23.00 lts
Cantera	Muyurina			
Revenimiento	(aprox.) 5 - 8 pulg			
Traslado	Wincha y carretilla			
Compactación	Si utilizo			
Nivel de techo	Segundo			

**Datos de laboratorio**

	M - 1	M - 2	=	L/D M - 1	L/D M - 2	L/D > 1.8
Diámetro (cm)	15.00	14.80	=	1.99	2.03	
Longitud (cm)	29.80	30.00	=			
Peso	11.200 kg	11.055 kg				

Nº	DISEÑO (f'c) (kg/cm <sup>2</sup> )	TESTIGO DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (DIAS)	PESO VOLUM. (g/cm <sup>3</sup> )	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )
M-1	210	LOSA ALIGERADA	12/03/16	09/04/16	28	2.32	15.00	176.71	25,411.10	143.80
M-2	210	LOSA ALIGERADA	12/03/16	09/04/16	28	2.32	14.90	174.37	20,718.30	118.82

**NOTA**

5 Palas = 1 pie<sup>3</sup> = 0.02832 m<sup>3</sup> de piedra chancada de 1/2"

5.5 palas = 1 pie<sup>3</sup> = 0.02832 m<sup>3</sup> de arena gruesa

1 litro de agua = 0.001 m<sup>3</sup> de agua

**Cuadro III-66:** Dosificación, slump, transporte, compactación y resultados a compresión de muestra (15 cm x 30 cm) de la vivienda N° 20

**Datos de campo**

Materiales	Cemento Portland T- I	1.00 bols	=	0.03 m <sup>3</sup>
	Piedra chancada de 1/2"	15.00 palas	=	0.85 m <sup>3</sup>
	Arena	15.00 palas	=	0.77 m <sup>3</sup>
	Agua		=	24.00 lts
Cantera	El Pedregal			
Revenimiento	(aprox.) 7 - 10 pulg			
Traslado	Wincha y carretilla			
Compactación	No utilizo			
Nivel de techo	Tercero			

**Datos de laboratorio**

	M - 1	M - 2	=	L/D M - 1	L/D M - 2	L/D > 1.8
Diámetro (cm)	15.00	14.90	=	1.92	1.95	
Longitud (cm)	28.80	29.00	=			
Peso	11.089 kg	11.023 kg				

Nº	DISEÑO (f'c) (kg/cm <sup>2</sup> )	TESTIGO DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (DIAS)	PESO VOLUM. (g/cm <sup>3</sup> )	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )
M-1	210	LOSA ALIGERADA	12/03/16	09/04/16	28	2.32	15.00	176.71	20,390.00	115.38
M-2	210	LOSA ALIGERADA	12/03/16	09/04/16	28	2.32	14.90	174.37	14,334.00	82.21

**NOTA**

5 Palas = 1 pie<sup>3</sup> = 0.02832 m<sup>3</sup> de piedra chancada de 1/2"

5.5 palas = 1 pie<sup>3</sup> = 0.02832 m<sup>3</sup> de arena gruesa

1 litro de agua = 0.001 m<sup>3</sup> de agua

### 3.3.1. RESULTADO DE LA DOSIFICACION DEL CONCRETO

**Cuadro III-67:** Dosificación de agregados, agua slump (aprox.), transporte y compactación

Viv.	Área techo (m <sup>2</sup> ) aprox.	Piedra chancada 1/2" (m <sup>3</sup> )	Arena (m <sup>3</sup> )	Agua (m <sup>3</sup> )	Slump (pulg)	Transporte	Preparación	Compactación
1	90	0.91	1.03	0.030	9 - 12	Wincha	Mezcladora	No utilizo
2	70	0.91	1.03	0.022	6 - 9	Baldes	Mezcladora	No utilizo
3	60	0.91	0.62	0.023	5 - 8	Baldes	Mezcladora	No utilizo
4	100	0.79	0.62	0.018	3 - 5	Wincha	Mezcladora	No utilizo
5	40	0.79	0.82	0.026	8 - 11	Carretilla	Mezcladora	No utilizo
6	150	0.91	0.72	0.029	9 - 12	Wincha	Mezcladora	No utilizo
7	50	0.57	1.03	0.025	5 - 8	Baldes	Mezcladora	No utilizo
8	80	0.79	0.72	0.020	4 - 6	Wincha	Mezcladora	No utilizo
9	100	1.02	0.72	0.022	5 - 8	Baldes	Mezcladora	No utilizo
10	60	0.79	1.03	0.030	9 - 12	Baldes	Mezcladora	No utilizo
11	60	1.02	0.72	0.024	6 - 9	Baldes	Mezcladora	No utilizo
12	55	0.79	0.72	0.020	3 - 5	Wincha	Mezcladora	Si utilizo
13	80	0.79	0.82	0.018	4 - 7	Baldes	Mezcladora	No utilizo
14	70	0.91	0.93	0.028	9 - 12	Baldes	Mezcladora	No utilizo
15	60	1.02	0.62	0.026	8 - 11	Baldes	Mezcladora	No utilizo
16	100	1.02	1.03	0.030	9 - 12	Wincha	Mezcladora	No utilizo
17	70	0.68	0.93	0.024	6 - 9	Wincha	Mezcladora	No utilizo
18	60	0.96	0.88	0.025	6 - 9	Wincha	Mezcladora	No utilizo
19	90	1.02	0.62	0.023	5 - 8	Wincha	Mezcladora	Si utilizo
20	60	0.85	0.77	0.024	7 - 10	Wincha	Mezcladora	No utilizo

**Nota:**

- 5 palas hacen 1pie<sup>3</sup> (0.02832m<sup>3</sup>) de piedra chancada de 1/2"
- 5.5 palas hacen 1pie<sup>3</sup> (0.02832m<sup>3</sup>) de arena gruesa
- 1 litro de agua es igual a 0.001 m<sup>3</sup> de agua.

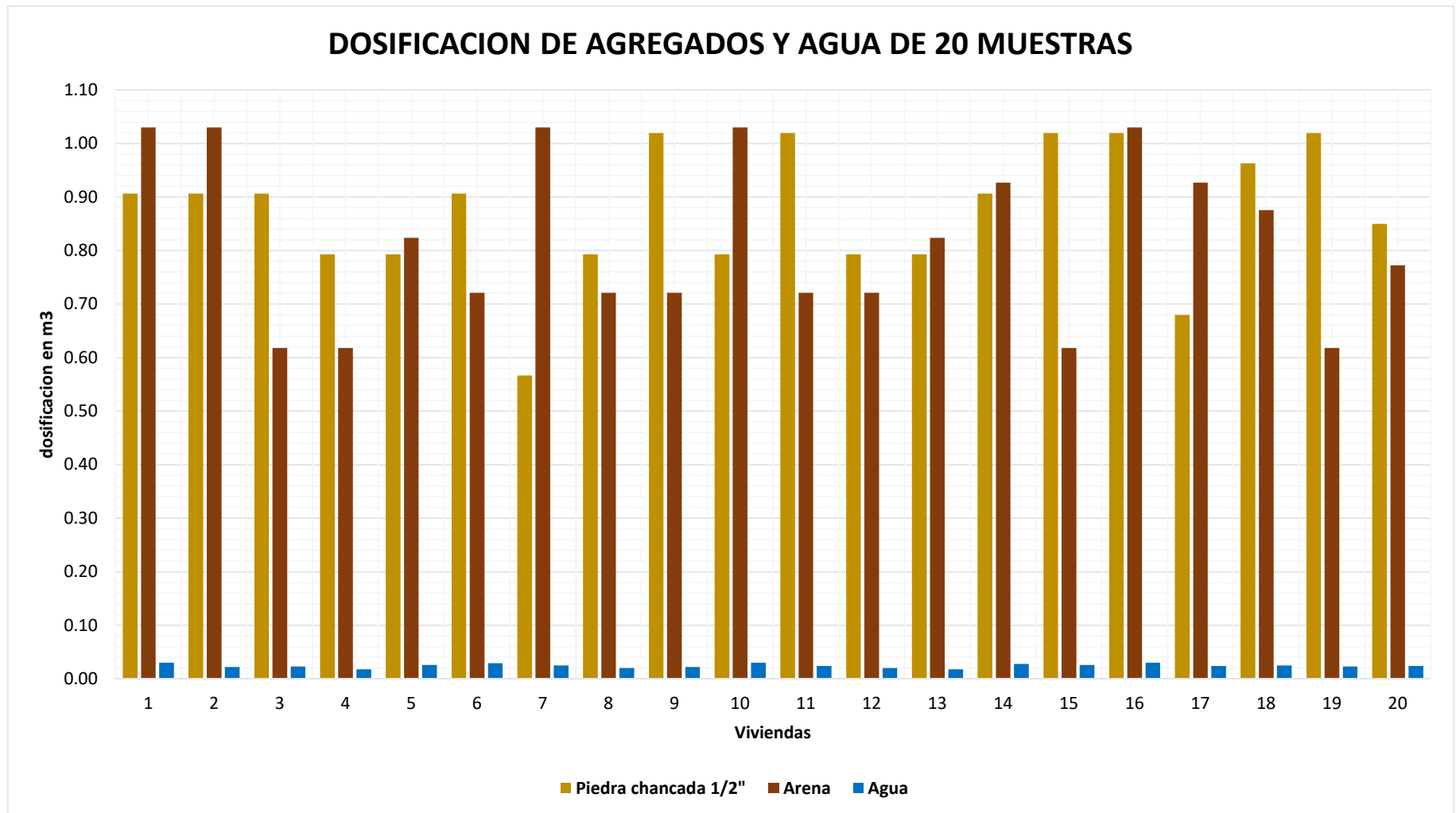


Figura III-1: Dosificación de agregados y agua de 20 muestras de viviendas

### 3.3.2. RESULTADO DE PRUEBA A COMPRESION DE LAS MUESTRAS DE VIVIENDAS

**Cuadro III-68:** Resumen de resultados de muestras a compresión

N° V	N° M	TESTIGO DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Δ Resist. (kg/cm <sup>2</sup> )	f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) promedio
V-1	M-1	LOSA ALIGERADA	30/01/16	27/02/16	14.90	174.37	9,977.00	57.22	13.52	50.46
	M-2	LOSA ALIGERADA	30/01/16	27/02/16	14.90	174.37	7,620.00	43.70		
V-2	M-1	LOSA ALIGERADA	30/01/16	27/02/16	15.00	176.71	27,932.80	158.07	7.17	154.48
	M-2	LOSA ALIGERADA	30/01/16	27/02/16	15.00	176.71	26,665.30	150.89		
V-3	M-1	LOSA ALIGERADA	30/01/16	27/02/16	14.90	174.37	29,863.80	171.27	12.23	165.16
	M-2	LOSA ALIGERADA	30/01/16	27/02/16	15.00	176.71	28,104.70	159.04		
V-4	M-1	LOSA ALIGERADA	04/02/16	03/03/16	15.00	176.71	42,100.00	238.24	20.31	228.08
	M-2	LOSA ALIGERADA	04/02/16	03/03/16	14.90	174.37	38,000.00	217.93		
V-5	M-1	LOSA ALIGERADA	05/02/16	04/03/16	15.00	176.71	12,841.70	72.67	16.93	64.21
	M-2	LOSA ALIGERADA	05/02/16	04/03/16	15.00	176.71	9,850.60	55.74		
V-6	M-1	LOSA ALIGERADA	05/02/16	04/03/16	14.90	174.37	10,850.60	62.23	11.49	56.48
	M-2	LOSA ALIGERADA	05/02/16	04/03/16	14.90	174.37	8,846.50	50.74		
V-7	M-1	LOSA ALIGERADA	05/02/16	04/03/16	14.90	174.37	14,909.20	85.51	20.29	75.36
	M-2	LOSA ALIGERADA	05/02/16	04/03/16	14.90	174.37	11,371.00	65.21		
V-8	M-1	LOSA ALIGERADA	13/02/16	12/03/16	15.00	176.71	38,450.00	217.58	20.12	207.52
	M-2	LOSA ALIGERADA	13/02/16	12/03/16	15.00	176.71	34,895.00	197.47		
V-9	M-1	LOSA ALIGERADA	13/02/16	12/03/16	14.90	174.37	29,446.00	168.87	37.50	150.13
	M-2	LOSA ALIGERADA	13/02/16	12/03/16	14.90	174.37	22,907.90	131.38		
V-10	M-1	LOSA ALIGERADA	13/02/16	12/03/16	14.90	174.37	9,285.12	53.25	6.34	50.08
	M-2	LOSA ALIGERADA	13/02/16	12/03/16	14.90	174.37	8,180.30	46.91		

N° V	N° M	TESTIGO DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Δ Resist. (kg/cm <sup>2</sup> )	f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) promedio
V-11	M-1	LOSA ALIGERADA	19/02/16	18/03/16	15.00	176.71	20,030.50	113.35	15.98	105.36
	M-2	LOSA ALIGERADA	19/02/16	18/03/16	15.00	176.71	17,206.20	97.37		
V-12	M-1	LOSA ALIGERADA	20/02/16	19/03/16	14.90	174.37	41,084.50	235.62	32.79	219.23
	M-2	LOSA ALIGERADA	20/02/16	19/03/16	14.90	174.37	35,366.60	202.83		
V-13	M-1	LOSA ALIGERADA	20/02/16	19/03/16	15.00	176.71	31,836.00	180.15	8.63	175.84
	M-2	LOSA ALIGERADA	20/02/16	19/03/16	14.90	174.37	29,907.60	171.52		
V-14	M-1	LOSA ALIGERADA	27/02/16	26/03/16	15.00	176.71	10,823.00	61.25	16.54	52.98
	M-2	LOSA ALIGERADA	27/02/16	26/03/16	15.00	176.71	7,900.50	44.71		
V-15	M-1	LOSA ALIGERADA	27/02/16	26/03/16	15.00	176.71	12,610.00	71.36	22.26	60.23
	M-2	LOSA ALIGERADA	27/02/16	26/03/16	14.90	174.37	8,560.30	49.09		
V-16	M-1	LOSA ALIGERADA	27/02/16	26/03/16	14.90	174.37	9,720.60	55.75	10.75	50.37
	M-2	LOSA ALIGERADA	27/02/16	26/03/16	14.90	174.37	7,845.50	44.99		
V-17	M-1	LOSA ALIGERADA	05/03/16	02/04/16	15.00	176.71	17,844.20	100.98	18.03	91.96
	M-2	LOSA ALIGERADA	05/03/16	02/04/16	15.00	176.71	14,657.40	82.94		
V-18	M-1	LOSA ALIGERADA	05/03/16	02/04/16	15.00	176.71	15,625.50	88.42	27.19	74.83
	M-2	LOSA ALIGERADA	05/03/16	02/04/16	15.00	176.71	10,820.50	61.23		
V-19	M-1	LOSA ALIGERADA	12/03/16	09/04/16	15.00	176.71	25,411.10	143.80	24.98	131.31
	M-2	LOSA ALIGERADA	12/03/16	09/04/16	14.90	174.37	20,718.30	118.82		
V-20	M-1	LOSA ALIGERADA	12/03/16	09/04/16	15.00	176.71	20,390.00	115.38	33.18	98.80
	M-2	LOSA ALIGERADA	12/03/16	09/04/16	14.90	174.37	14,334.00	82.21		

**Nota:**

- Las muestras 1 (M-1), vienen hacer las muestras curadas en agua por 7 días y sometidas a prueba de resistencia a compresión a los 28 días.
- Las muestras 2 (M-2), vienen hacer las muestras curadas en campo tal igual se curaron las losas aligeradas de las viviendas y sometidas a prueba de resistencia a compresión a los 28 días.

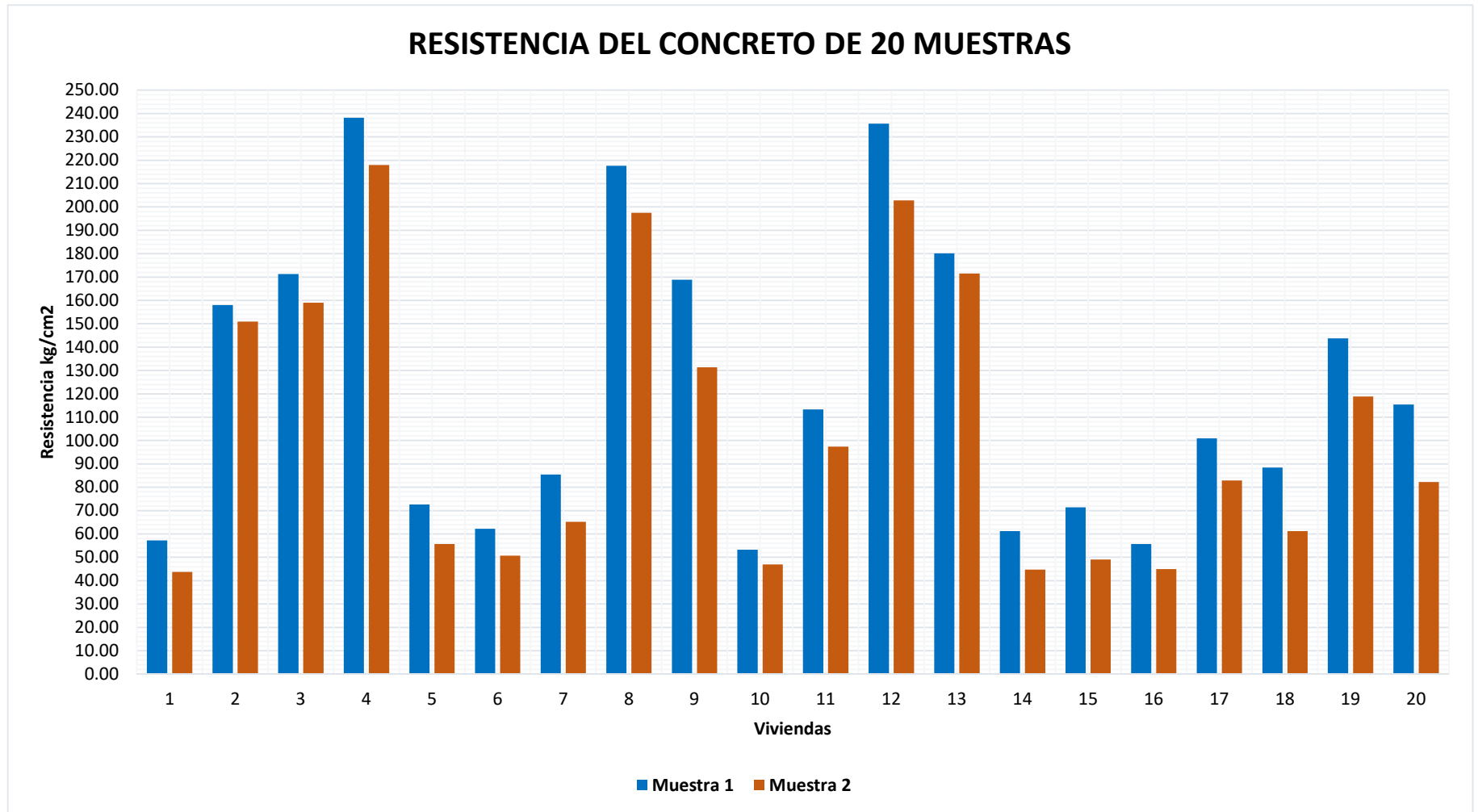


Figura III-2: Resultados a compresión de 20 muestras en losas aligeradas de viviendas

### 3.3.3. RESULTADO ESTADISTICO DE LAS MUESTRAS A COMPRESION

#### a. Desviación estándar de las muestras curadas en agua por 7 días

- En base a las resistencias obtenidas a los 28 días y curadas bajo agua por 7 días, determinamos  $X_i - X_{prom}$  y  $(X_i - X_{prom})^2$ :

**Cuadro III-69:** Resultados de  $X_i - X_{prom}$  y  $(X_i - X_{prom})^2$  de muestras curadas en agua por 7 días

f'c de muestras curadas bajo 7 días (Kg/cm <sup>2</sup> )		$X_i - X_{prom}$ .	$(X_i - X_{prom})^2$
1	57.22	-65.33	4,267.95
2	158.07	35.52	1,261.61
3	171.27	48.72	2,373.87
4	238.24	115.69	13,383.97
5	72.67	-49.88	2,487.92
6	62.23	-60.32	3,638.43
7	85.51	-37.04	1,372.19
8	217.58	95.03	9,031.52
9	168.87	46.33	2,146.12
10	53.25	-69.30	4,802.14
11	113.35	-9.20	84.62
12	235.62	113.07	12,785.66
13	180.15	57.61	3,318.54
14	61.25	-61.30	3,758.00
15	71.36	-51.19	2,620.43
16	55.75	-66.80	4,462.24
17	100.98	-21.57	465.29
18	88.42	-34.13	1,164.58
19	143.80	21.25	451.53
20	115.38	-7.16	51.33
<b>suma</b>	<b>2,450.96</b>	<b>suma</b>	<b>73,927.93</b>

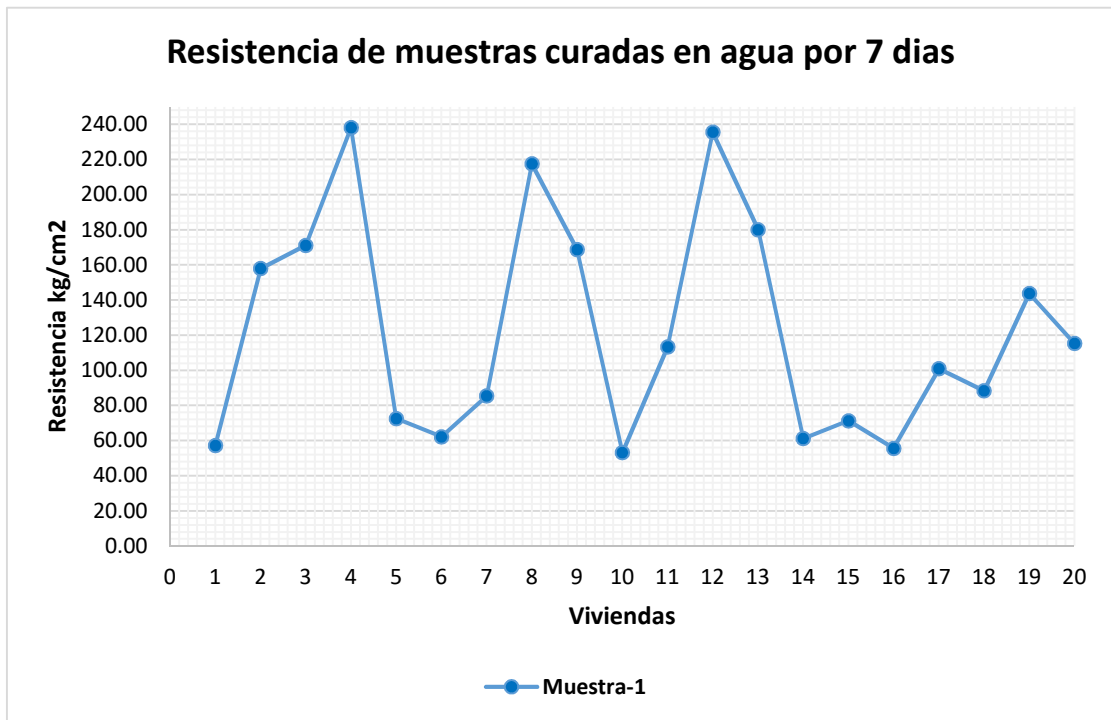


Figura III-3: Resistencia del concreto de muestras curadas en agua por 7 días

- Para hallar el  $X_{prom}$ , utilizaremos la expresión:

$$X_i = \frac{\sum R}{n}$$

$$X_{i1} = \frac{2,450.96}{20} \Rightarrow X_{i1} = 122.55 \text{ k /c}^2$$

- Reemplazando en la formula II-11 de desviación estándar tenemos:

$$D_{i1} = \sqrt{\frac{73,927.93}{19}} \Rightarrow D_{s1} = 62.38 \text{ k /c}^2$$

**b. Variancia de las muestras curadas en agua por 7 días**

- En base a la formula II-12 de coeficiente de variancia se obtiene:

$$V_1 = \frac{62.38}{122.55} \times 100 \Rightarrow V_1 = 50.9\%$$

**c. Distribución de frecuencia por intervalo de 20 muestras curadas en agua por 7 días**

De acuerdo a los resultados de resistencia a compresión de las muestras de los concretos obtenidos, no es recomendable utilizar la frecuencia de distribución normal anteriormente descrito, por lo cual para el análisis estadístico se utilizó la distribución de frecuencia por intervalo:

- Determinamos los datos de mayor y menor valor:  $X_{max}$  y  $X_{min}$

$$X = 238.24 \text{ k /c}^2 \quad \text{y} \quad X = 53.25 \text{ k /c}^2$$

- Calculamos el rango o recorrido con la siguiente formula:

$$R = X_{max} - X_{min}$$

$$R = 238.24 - 53.25 \Rightarrow R = 184.99 \text{ k /c}^2$$

- Determinando el número de amplitud ( $m$ ) y la amplitud de clases  $A$ ; debe tenerse presente que  $m$  es un número natural. Luego se busca la amplitud  $A$  con las siguientes formulas:

$$m \cong 1 + 3.3 \log(n)$$

$$A > \frac{R}{m}$$

$$m \cong 1 + 3.3 \log(20) \Rightarrow m = 5.29 \Rightarrow m = 5$$

$$A > \frac{184.99}{5} \Rightarrow A > 36.998$$

Ya determinado que el número de clase  $m = 5$ ; encontramos que la amplitud debe ser mayor a 36.998. Fijémosla, entonces, en  $A = 40$ , que hace más manejable y representable la tabla con la información.

- Determinando el rango amplio con la siguiente:

$$R = m \times A$$

$$R = 5 \times 40 \Rightarrow R = 200$$

Hemos alterado el rango original  $R = 184.99$ , cambiando por el rango amplio  $R_a = 200$ . La diferencia está representada por  $a = R_a - R$  o sea  $a = 200 - 184.99 \Rightarrow a = 15.01$

- Tenemos por tanto, que distribuir adecuadamente la diferencia entre los rangos

$$X - \approx \frac{a}{2} = L \quad ; \quad 53.25 - 8 = 45.25$$

$$X + \approx \frac{a}{2} = L \quad ; \quad 238.24 + 7.01 = 245.25$$

Como se dijo antes, no estamos hablando de restar o sumar estrictamente  $\frac{a}{2}$  sino una cantidad aproximada que brinde una buena presentación.

- Procedemos a construir los intervalos

**Cuadro III-70:** Distribución de frecuencia por intervalo de la resistencia de 20 muestras curada en agua por 7 días

kg/cm <sup>2</sup>	X	f <sub>1</sub>	f <sub>a</sub>	f <sub>r</sub>	f <sub>r<sub>a</sub></sub>
45.25 - 85.25	65.25	7	7	0.35	0.35
85.25 - 125.25	105.25	5	12	0.25	0.60
125.25 - 165.25	145.25	2	14	0.10	0.70
165.25 - 205.25	185.25	3	17	0.15	0.85
205.25 - 245.25	225.25	3	20	0.15	1.00
<b>SUMAS</b>		<b>20</b>		<b>1.00</b>	

**d. Desviación estándar de las muestras curadas en campo**

- En base a las resistencias obtenidas a los 28 días y curadas en campo, determinamos  $X_i - X_{prom}$  y  $(X_i - X_{prom})^2$ :

**Cuadro III-71:** Resultados de  $X_i - X_{prom}$  y  $(X_i - X_{prom})^2$  de muestras curadas en campo

f'c de muestras curadas en campo (Kg/cm <sup>2</sup> )		$X_i - X_{prom}$	$(X_i - X_{prom})^2$
1	43.70	-60.04	3,604.27
2	150.89	47.16	2,223.88
3	159.04	55.30	3,058.46
4	217.93	114.20	13,040.59
5	55.74	-47.99	2,303.39
6	50.74	-53.00	2,809.16
7	65.21	-38.52	1,484.05
8	197.47	93.73	8,785.05
9	131.38	27.64	764.05
10	46.91	-56.82	3,228.76
11	97.37	-6.37	40.57
12	202.83	99.09	9,819.36
13	171.52	67.79	4,594.81
14	44.71	-59.03	3,484.42
15	49.09	-54.64	2,985.85
16	44.99	-58.74	3,450.66
17	82.94	-20.79	432.34
18	61.23	-42.51	1,806.69
19	118.82	15.08	227.52
20	82.21	-21.53	463.56
<b>suma</b>	<b>2,074.73</b>	<b>suma</b>	<b>68,607.46</b>

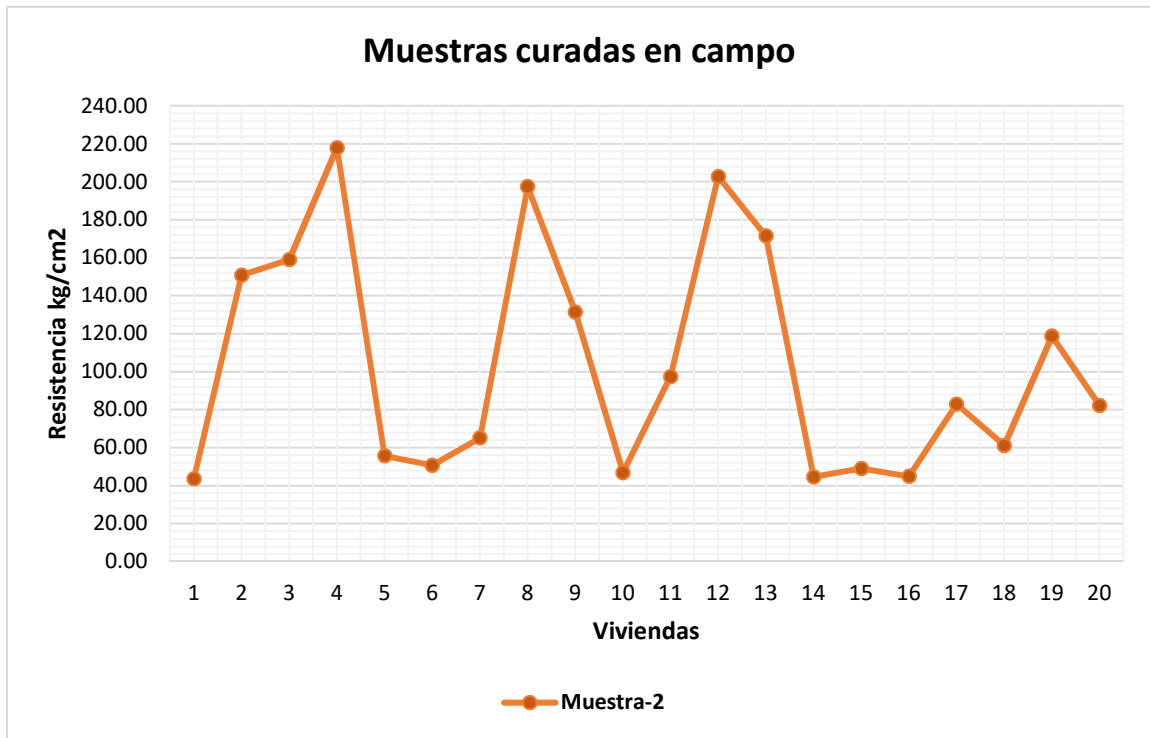


Figura III-4: Resistencia del concreto de muestras curadas en campo

- Para hallar el  $X_{prom}$ , utilizaremos la expresión:

$$X_1 = \frac{\sum R}{n}$$

$$X_1 = \frac{2,074.73}{20} \Rightarrow X_1 = 103.74 \text{ k /c}^2$$

- Reemplazando en la formula II-11 tenemos la desviación estándar:

$$D_2 = \sqrt{\frac{68,607.46}{19}} \Rightarrow D_{s_2} = 60.09 \text{ k /c}^2$$

#### e. Variancia de las muestras curadas en campo

- En base a la formula II-12 de coeficiente de variancia se obtiene:

$$V_2 = \frac{60.09}{103.74} \times 100 \Rightarrow V_2 = 57.9\%$$

**f. Distribución de frecuencia por intervalo de 20 muestras curadas en campo**

Igualmente debido a los resultados de resistencia a compresión de los concretos obtenidos, no es recomendable utilizar la frecuencia de distribución normal anteriormente descrito, por lo cual para el análisis estadístico se utilizó la distribución de frecuencia por intervalo:

- Determinamos los datos de mayor y menor valor  $X_{max}$  y  $X_{min}$

$$X_{max} = 217.93 \text{ k /c}^2 \quad \text{y} \quad X_{min} = 43.70 \text{ k /c}^2$$

- Calculamos el rango o recorrido con la siguiente formula:

$$R = X_{max} - X_{min}$$

$$R = 217.93 - 43.70 \Rightarrow R = 174.23 \text{ k /c}^2$$

- Determinando el número de amplitud ( $m$ ) y la amplitud de clases  $A$ ; debe tenerse presente que  $m$  es un número natural. Luego se busca la amplitud  $A$  con las siguientes formulas:

$$m \cong 1 + 3.3 \log(n)$$

$$A > \frac{R}{m}$$

$$m \cong 1 + 3.3 \log(20) \Rightarrow m = 5.29 \Rightarrow m = 5$$

$$A > \frac{174.23}{5} \Rightarrow A > 34.846$$

Ya determinado que el número de clase  $m = 5$ ; encontramos que la amplitud debe ser mayor a 34.846. Fijémosla, entonces, en  $A = 40$ , que hace más manejable y representable la tabla con la información.

- Determinando el rango amplio con la siguiente:

$$R = m \times A$$

$$R = 5 \times 40 \Rightarrow R = 200$$

Hemos alterado el rango original  $R = 174.23$ , cambiando por el rango amplio  $R_a = 200$ . La diferencia está representada por  $\alpha = R_a - R$  o sea  $\alpha = 200 - 174.23 \Rightarrow \alpha = 25.77$

- Tenemos por tanto, que distribuir adecuadamente la diferencia entre los rangos

$$X - \approx \frac{\alpha}{2} = L \quad ; \quad 43.70 - 13 = 30.70$$

$$X + \approx \frac{\alpha}{2} = L \quad ; \quad 217.93 + 12.77 = 230.70$$

Como se dijo antes, no estamos hablando de restar o sumar estrictamente  $\frac{\alpha}{2}$  sino una cantidad aproximada que brinde una buena presentación.

- Procedemos a construir los intervalos

**Cuadro III-72:** *Distribución de frecuencia por intervalo de la resistencia de 20 muestras curada en campo*

kg/cm <sup>2</sup>	X	f <sub>1</sub>	fa	fr	fra
30.70 - 70.70	50.70	9	9	0.45	0.45
70.70 - 110.70	90.70	3	12	0.15	0.60
110.70 - 150.70	130.70	2	14	0.10	0.70
150.70 - 190.70	170.70	3	17	0.15	0.85
190.70 - 230.70	210.70	3	20	0.15	1.00
<b>SUMA</b>		<b>20</b>		<b>1.00</b>	

### 3.3.4. RESULTADO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO SEGÚN CRITERIO DEL ACI 318

Determinando la clase de concreto en base a criterios del reglamento ACI 318, del promedio de las 20 muestras obtenidas.

- Determinando  $X_{prom}$  y la desviación del promedio de dos muestras de testigo por vivienda se determina  $X_i - X_{prom}$  y  $(X_i - X_{prom})^2$

**Cuadro III-73:** Resultados de  $X_i - X_{prom}$  y  $(X_i - X_{prom})^2$  del promedio de dos muestras de las viviendas

	<b>f'c promedio de 2 muestras a los 28 días (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b><math>X_i - X_{prom}</math></b>	<b><math>(X_i - X_{prom})^2</math></b>
1	50.46	-62.68	3,929.10
2	154.48	41.34	1,708.88
3	165.16	52.01	2,705.34
4	228.08	114.94	13,211.72
5	64.21	-48.94	2,394.77
6	56.48	-56.66	3,210.41
7	75.36	-37.78	1,427.57
8	207.52	94.38	8,907.86
9	150.13	36.98	1,367.80
10	50.08	-63.06	3,976.55
11	105.36	-7.78	60.59
12	219.23	106.08	11,253.65
13	175.84	62.70	3,930.77
14	52.98	-60.17	3,619.92
15	60.23	-52.92	2,800.16
16	50.37	-62.77	3,940.22
17	91.96	-21.18	448.66
18	74.83	-38.32	1,468.08
19	131.31	18.17	330.02
20	98.80	-14.35	205.85
<b>suma</b>	<b>2,262.85</b>	<b>suma</b>	<b>70,897.92</b>

- Entonces el promedio y desviación estándar serán:

$$X_1 = \frac{2,262.85}{20} \Rightarrow X_1 = 113.14 \text{ k /c}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{70,897.92}{19}} \Rightarrow D = 61.09 \text{ k /c}^2$$

$$V = \frac{65.98}{113.14} \times 100 \Rightarrow V = 58.3299\%$$

- En vista que se ha trabajado en base a 20 muestras y según el criterio del reglamento de ACI 318, recomienda amplificar por un factor de acuerdo a la tabla II-7 a la desviación estándar ( $D_s$ )
- $D = 61.09 \text{ k /c}^2 \times 1.08 \Rightarrow D = 65.98 \text{ k /c}^2$
- Determinando el  $f'c$  de diseño según la fórmulas II-17 y II-18:

Entonces reemplazando se tiene:

- $f'c = f'c + 1.34D \Rightarrow f'c = 210 + 1.34 \times 65.98$

$$f'c = 210 + 88.4152 \text{ k /c}^2$$

- $f'c = f'c - 35 + 2.33D \Rightarrow f'c = 210 - 35 + 2.33 \times 65.98$

$$f'c = 210 - 35 + 153.7334 \text{ k /c}^2$$

Escogiendo el mayor valor tenemos que:

$$f'c = 210 - 35 + 153.7334 \text{ k /c}^2$$

## IV. DISCUSIONES

### 4.1. DISCUSION DEL ANALISIS FISICO, QUIMICO DE LOS AGREGADOS

- Los agregados utilizados en vaciado de losas aligeradas de las viviendas en la ciudad de Ayacucho, se obtienen o producen en forma artificial y sin control de calidad adecuado, bajo las normas que la rigen.
- El análisis granulométrico del agregado fino de las canteras estudiadas, si cumplen con los requerimientos de calidad y valores establecidos por las Normas Técnicas Peruanas sin embargo el Sistema Unificado de Clasificación del Suelo SUCS, lo clasifica como **SP Arena mal graduada**
- El análisis granulométrico del agregado grueso de las canteras Muyurina y El Pedregal, no cumplen con los requerimientos de calidad y valores establecidos por las Normas Técnicas Peruanas y el Sistema Unificado de Clasificación del Suelo SUCS, lo clasifica a las tres canteras como **GP Grava mal graduada**.

- El análisis granulométrico del agregado grueso (piedra chancada) de la cantera de “Las Piedras”, puede cumplir para el tamaño nominal de 1” a 3/8”, siempre y cuando el material que pasa la malla de 1” sea de 90 por ciento a 100 por ciento.
- El análisis granulométrico del agregado grueso (piedra triturada) de la cantera “Muyurina” puede cumplir para el tamaño nominal de 1 ½” a ¾”, siempre y cuando el material que pasa la malla de 1” sea de 20 por ciento a 35 por ciento.
- El análisis de módulo de fineza del agregado fino de las canteras “Muyurina” y “El Pedregal”, no se encuentran dentro del rango de los límites recomendables establecida por las Normas Técnicas Peruanas, ASTM C33; mientras que el análisis del módulo de fineza de la cantera de “Las piedras” si están dentro de los rangos establecidos.
- La cantidad de material que pasa la malla N° 200 de los agregados estudiados cumplen con los requerimientos de calidad, debido a que los porcentajes de material que pasan dicha malla son menores de 5 por ciento para el agregado fino y menores de 1 por ciento para el agregado grueso.
- De acuerdo al análisis de los pesos unitarios determinados tanto del agregado grueso y fino de las canteras empleadas en el vaciado de losas aligeradas de las viviendas, estos se pueden emplear en la fabricación de concretos de peso normal.
- La mayor parte de los agregados de peso normal, tienen un peso específico entre 2.50 a 2.75, donde los pesos específicos de los agregados de las canteras empleadas en el vaciado de las losas aligeradas en viviendas, se encuentra dentro del rango establecido.

- Del análisis de durabilidad de agregados por medio de sulfato de magnesio, como máximo porcentaje de pérdidas permitidas para el agregado fino es de 15 por ciento; mientras para el agregado grueso es de 18 por ciento; entonces de acuerdo a los resultados obtenidos, las canteras de “Las Piedras” y “Muyurina”, son aptos para elaborar concretos sujetos a la acción de heladas o ataques de sales. Mientras que la cantera “El Pedregal” el agregado grueso no cumple; las cuales presentaran problemas de congelación y deshielo.
- De acuerdo a los ensayos de Abrasión por el método de los Ángeles, para el agregado grueso de las canteras estudiadas, el porcentaje de pérdida promedio son admisibles.
- Del análisis de impurezas orgánicas en las canteras estudiadas en agregados finos estos contienen trozos no perjudiciales en la elaboración del concreto.
- Del análisis químico realizado en los agregados de las canteras “Las Piedras” y “Muyurina”, se puede considerar que tienen un bajo contenido de sulfato y cloruro.

#### **4.2. DISCUSION DE LAS MUESTRAS DE TESTIGO A COMPRESION**

- Se ha obtenido la mayoría de las resistencias de muestras de concreto muy por debajo de las establecidas en las normas, generando cierta preocupación debido a que significan que las losas aligeradas de las viviendas no cumplen con la resistencia requerida. Esto como consecuencia de las malas prácticas en la elaboración del concreto en forma artesanal y tradicional, que es común en la construcción de

viviendas en nuestra ciudad de Ayacucho, no habiendo control de la cantidad correcta de uso de agua para mezclado, dosificación de los agregados, compactación, curado y otros que determinaron la variabilidad de las resistencias a compresión obtenidas en las muestras de concreto y sometidas a esfuerzos de compresión a los 28 días.

- Así mismo el estudio realizado con cilindros estándar (15 cm x 30 cm), en nuestra ciudad de Ayacucho, se encontró una diferencia significativa entre las resistencia de las muestras de concreto curado bajo siete días en agua, y de las muestras curadas tal cual como se curó la losa aligerada; sin embargo, esta diferencia no alcanzó los altos niveles reportados por Gonnerman y Shuman (1928). Tomando en consideración que el estudio fue realizado con concretos de alta relación a/c, se debería esperar un efecto más notorio de la ausencia del curado húmedo.

#### **4.3. DISCUSION DEL CONTROL ESTADISTICO DE LAS MUESTRAS A COMPRESION**

- Los resultados obtenidos de desviación estándar y variancias en el capítulo 3.3.3 resultados estadísticos de las dos muestras obtenidas de cada vivienda una curadas en agua bajo siete días y la otra curada en campo tal cual como se curó la losas aligeradas de viviendas; demuestran que las desviaciones y variancias ( $Ds_1 = 62.38\text{kg/cm}^2$ ;  $Ds_2 = 60.09\text{kg/cm}^2$  y  $V_1 = 50.9\%$ ;  $V_2 = 57.09\%$ ), son muy alejados del promedio; lo que indica la alta dispersión de los resultados, debidos a la falta de un control en la dosificación de las mezcla, agua; desconocimiento de las características de los materiales utilizados,

inadecuado curado y falta de un profesional en la dirección técnica, traduciéndose en una deficiente calidad de mezcla, según los indicadores de la Tabla II-6.

- Así mismo de acuerdo a los resultados de resistencia del concreto Cuadro III-69, obtenidos de 20 muestras curadas en agua por siete días (M-1). Estadísticamente no se puede determinar su frecuencia de distribución normal, utilizándose para este análisis la distribución de frecuencia por intervalo que demuestra lo siguiente:

De acuerdo a los resultados obtenidos Cuadro III-70; el 85 por ciento (17 muestras), se encuentran por debajo de la resistencia requerida en losas aligeradas  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , según las norma técnicas de edificación.

Solo el 15 por ciento (3 muestras), cumplen con la resistencia requerida en losas aligeradas  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , según las normas técnica de edificación.

- De acuerdo a los resultados Cuadro III-71, obtenidos de 20 muestras curadas en el campo tal cual se curó las losas de las viviendas (M-2). Estadísticamente no se puede determinar sus frecuencia de distribución normal, utilizándose para este análisis la distribución de frecuencia por intervalo que demuestra lo siguiente:

De acuerdo a los resultados obtenidos Cuadro III-72; el 95 por ciento (19 muestras), se encuentran por debajo de la resistencia requerida en losas aligeradas  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , según las norma técnicas de edificación.

Solo el 5 por ciento (1 muestra), cumplen con la resistencia requerida en losas aligeradas  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , según las normas técnica de edificación.

- De la misma manera del Cuadro III-73, se obtuvo la desviación estándar amplificada ( $D_s = 65.98 \text{ kg/cm}^2$ ) y variancia ( $V = 58.32\%$ ) obtenidos del promedio de las dos muestras; permitiéndonos el cálculo de la resistencia de diseño requerida  $f'_{cr}$ , según criterio del ACI 318. Lo que demuestra que:

Para obtener la resistencia de  $210 \text{ kg/cm}^2$  en campo, según la desviación estándar; se tendría que diseñar una mezcla cuya resistencia requerida de diseño sea de  $238.73 \text{ kg/cm}^2$ . Esto a múltiples factores como dosificación, transporte, compactación y curado

## V. CONCLUSIONES

Al evaluar los factores involucrados en la obtención de la resistencia del concreto en losas aligeradas de 20 viviendas techadas en forma artesanal y tradicional en nuestra ciudad de Ayacucho; se obtuvo que: El 10 por ciento (2 viviendas) superan una resistencia de  $210 \text{ kg/cm}^2$  y otros 10 por ciento (2 viviendas) obtuvieron una resistencia mayor de  $175 \text{ kg/cm}^2$ , mientras que el resto 80 por ciento (16 viviendas) obtuvieron resistencias por debajo de  $175 \text{ kg/cm}^2$ , lo cual demuestra la influencia de la relación agua/cemento, la deficiente dosificación y características de los agregados utilizados, inadecuado transporte del concreto, falta de compactación y deficiente curado en la obtención de la resistencia del concreto requerido.

1. Según el Cuadro III-67 y Figura III-1. Resultados de dosificación de agregados; se observa la variabilidad de la dosificación utilizada de los agregados en la preparación de la mezcla del concreto, sin tener un criterio uniforme en cuanto a la cantidad correcta y necesaria para obtener la resistencia requerida. La importancia de la granulometría de los agregados radica en que de ellos dependieron. La trabajabilidad del

concreto que es afectada por las características de los agregados, tales como: la absorción, la forma de las partículas, la textura superficial y el tamaño, que determinaron que cuanto más trabajable y plástica es el concreto se obtiene baja la resistencia del concreto

2. Del análisis de los resultados experimentales de 40 muestras de concreto, Cuadro III-68 y Figura III-2. Resultados de muestras de concreto a compresión; nos permite comprobar que el curado tiene un efecto significativo en la obtención de la resistencia, sin importar la relación agua/cemento. Por ello de las dos muestras obtenidas en cada vivienda, se ha determinado como el proceso de curado ha influido en la variabilidad de la resistencia del concreto; donde se aprecia que las muestras (M-1) curadas en agua por siete días y sometidas a pruebas de compresión a los 28 días, superan en resistencia a las muestras (M-2) que fueron curadas en situ; tal cual se curó las losas aligeras de las viviendas, desde un rango de variación mínima de  $6.34 \text{ kg/cm}^2$  a una mayor de  $37.50 \text{ kg/cm}^2$
3. En la influencia de la relación agua/cemento, la importancia del agua resulta de gran magnitud, ya que ella y su relación con el cemento están altamente ligados a una gran cantidad de propiedades químicas del material final que se obtendrá, en donde usualmente conforme más agua se adicione, aumenta la fluidez de la mezcla y, por tanto su trabajabilidad y plasticidad, lo cual presenta grandes beneficios para la mano de obra; no obstante, también comienza a disminuir la resistencia debido al mayor volumen de espacios creados por el agua libre. De acuerdo al Cuadro III-68 y Figura III-2, resultados de muestras de concreto a compresión; se concluye que al utilizar mayor cantidad de

agua en la elaboración del concreto, se obtiene resistencias bajas el cual la relación  $a/c$ , constituye el factor más importante que determina las propiedades de hidratación y endurecimiento del concreto.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

American Concrete Institute ACI (2005). *Requisitos de Reglamentación para Concreto Estructural (ACI 318S-05) y Comentario (ACI 318SR-05)*.

[https://www.inti.gob.ar/cirsoc/pdf/publicom/ACI\\_318-05\\_Espanhol.pdf](https://www.inti.gob.ar/cirsoc/pdf/publicom/ACI_318-05_Espanhol.pdf)

Cachay, H. R. (2004). *Curso Básico de Tecnología del Concreto*. Lima, Perú  
Universidad Nacional de Ingeniería.

Cerón, M., Duarte, F. & Castillo, W. (1996). *Propiedades Físicas de los Agregados Pétreos de la Ciudad de Mérida*. Boletín académico FIUADY, (México), (31), p. 27.

Chan, .J, Solís, R. & Moreno, E. (2003). *Influencia de los Agregados Pétreos en las Características del Concreto*, Revista Académica de la FIUADY México Vol. 7 pp. 39-46.

Cconislla, V. L. (2001). *Estudio y Evaluación y Control de Calidad de los Principales Materiales de Construcción para las Edificaciones en Ayacucho*. Tesis de Grado Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Ayacucho, Perú.

Guarín, S. N. (2002). *Estadística Aplicada*. (1ra edición), Medellín, Colombia  
Universidad Nacional de Colombia. <http://tifon.unalmed.edu.co/-pagudel/estadistica.html>.

Guevara, G., Hidalgo, C., Pizarro, M., Rodríguez, I., Rojas, L., Segura, G. (2012). *Efecto de la Variación Agua/Cemento en el Concreto*. Vol. 25 pp.

80-86 Escuela de Ingeniería de los Materiales, Tecnológico de Costa Rica. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4835626>

Gonnerman, H. F. y Shuman, E. C. (1928) "*Flexure and tension tests of plain concrete*". Report to the Chief. Research and Development Laboratories of the Portland Cement Association, Washington.

Mehta, K. & Monteiro, P. (1998). *Concreto, Estructura, Propiedades y Materiales*. (1era edición), IMCYC México.

Normas ASTM

Normas Técnicas Peruanas

Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado (2009).

Özturan, T., Çeçen, C. (1997). *Effect coarse aggregate type on mechanical properties of concretes with different strengths*. "Cement and concrete research," (U.S.A.), 27 (2), p. 165.

Pasquel, C. E. (1998). *Tópicos de Tecnología del Concreto*. (2da Edición), Lima Perú. Colegio de Ingenieros del Perú.

Rivva, L.E. (2013) *Diseño de Mezclas*. Lima Perú.

Solís, R., Moreno, E. & López, L. (2005). *Influencia del Curado Húmedo en la Resistencia a Compresión del Concreto en Clima Cálido Subhúmedo*, pp. 5-17 Universidad Autónoma de Yucatán Mérida, México <http://www.revista.ingenieria.uady.mx/volumen9/influencia.pdf>

Torre, C. A. (2004). *Curso Básico de Tecnología del Concreto*. Lima Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.

Tufino, D. (2009) *Variación de Resistencia Vs Edades y Relación a/c con Cemento Portland tipo I (Sol)*. Tesis de Pre Grado Universidad Ricardo Palma Lima, Perú. <http://cybertesis.urp.edu.pe/handle/urp/129>

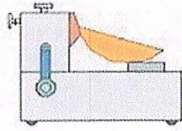
## **ANEXOS**

**ANEXO 1:** RESULTADOS FISICOS, QUIMICOS DEL AGREGADO

**ANEXO 2:** RESULTADOS DE MUESTRAS A COMPRESION

**ANEXO 3:** FOTOGRAFIAS

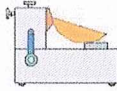
**ANEXO 4:** NORMAS TECNICAS PERUANAS



# INGEOMAX

INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO

**ENSAYOS  
CANTERA MUYURINA**



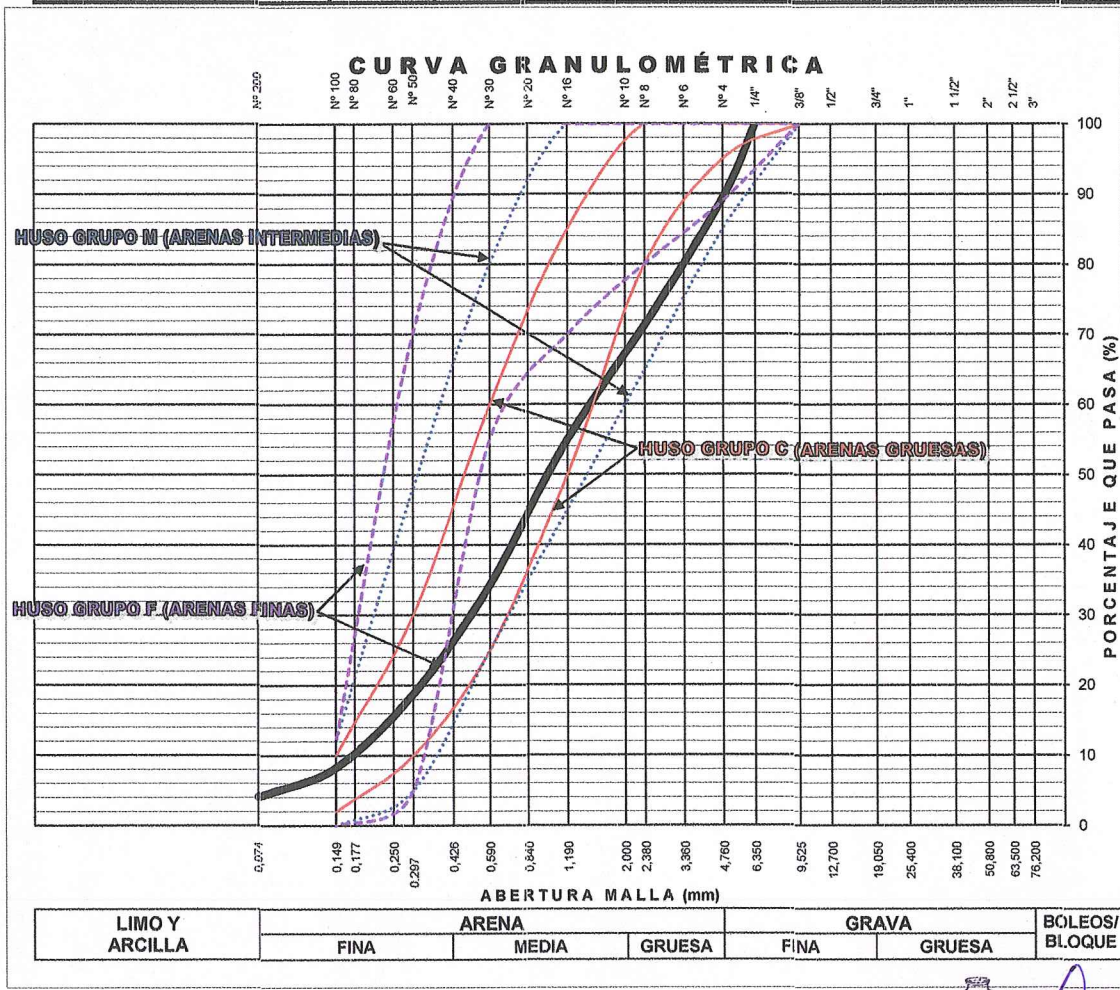
## ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO FINO (MTC E 204-2000)

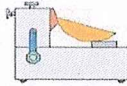
Proyecto : "RESISTENCIA DEL CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE AYACUCHO"

Solicitante : LUIS ALFREDO CHAUCA ESCALANTE  
 Cantera : MUYURINA  
 Material : ARENA ZARANDEADA  
 Fecha : MAYO DE 2016

Region : AYACUCHO  
 Provincia : HUAMANGA  
 Distrito : JESUS NAZARENO  
 Lugar : MUYURINA

TAMIZ ASTM	Abertura (mm)	PESO (gr) RETENIDO	% RETEN PARCIAL	% RETEN ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF. LIM. TOTAL	DATOS DEL ANALISIS GRANULOMETRICO	
3"	76.200				100.00		<b>PESOS (gr)</b>	
2 1/2"	63.500		-	-	100.00		Peso seco inicial	544.10
2"	50.800		-	-	100.00		Peso seco lavado	521.30
1 1/2"	38.100		-	-	100.00		Pérdida por lavado	22.8
1"	25.400		-	-	100.00		<b>ENSAYOS ESTANDAR</b>	
3/4"	19.050		-	-	100.00		% Grava	10.5
1/2"	12.700		-	-	100.00	100	% Arena	85.4
3/8"	9.525		-	-	100.00		% de Finos	4.1
1/4"	6.350		-	-	100.00		D <sub>10</sub> = D <sub>e(mm)</sub> =	0.1536
Nº 4	4.760	57.40	10.55	10.55	89.45	89 - 100	D <sub>30</sub> (mm) =	0.3902
Nº 6	3.360		-	10.55	89.45		D <sub>60</sub> (mm) =	3.3719
Nº 8	2.380	98.40	18.08	28.63	71.37	65 - 100	Cu =	22.0
Nº 10	2.000		-	28.63	71.37		Cc =	0.3
Nº 16	1.190	89.00	16.36	44.99	55.01	45 - 100	<b>Clasificación SUCS</b>	
Nº 20	0.840		-	44.99	55.01		<b>SP</b>	
Nº 30	0.590	112.60	20.69	65.69	34.31	25 - 100	<b>ARENA MAL GRADUADA</b>	
Nº 40	0.426		-	65.69	34.31		Gravedad específica	2.60
Nº 50	0.297	84.50	15.53	81.22	18.78	5 - 70	Módulo de Fineza	3.23
Nº 60	0.250		-	81.22	18.78		Superficie específica (cm <sup>2</sup> /gr)	61.2
Nº 80	0.177		-	81.22	18.78			
Nº 100	0.149	57.20	10.51	91.73	8.27	0 - 12		
Nº 200	0.074	22.70	4.17	95.90	4.10			
Fondo			-	95.90	4.10			
Lavado		22.3	4.10	100.00	0.00			
<b>TOTAL</b>		<b>544.10</b>	<b>100.00</b>					





# INGEOMAX

INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO

ESPECIALISTAS EN SUELOS Y CONCRETO

## ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO GRUESO (MTC E 204 - 2000)

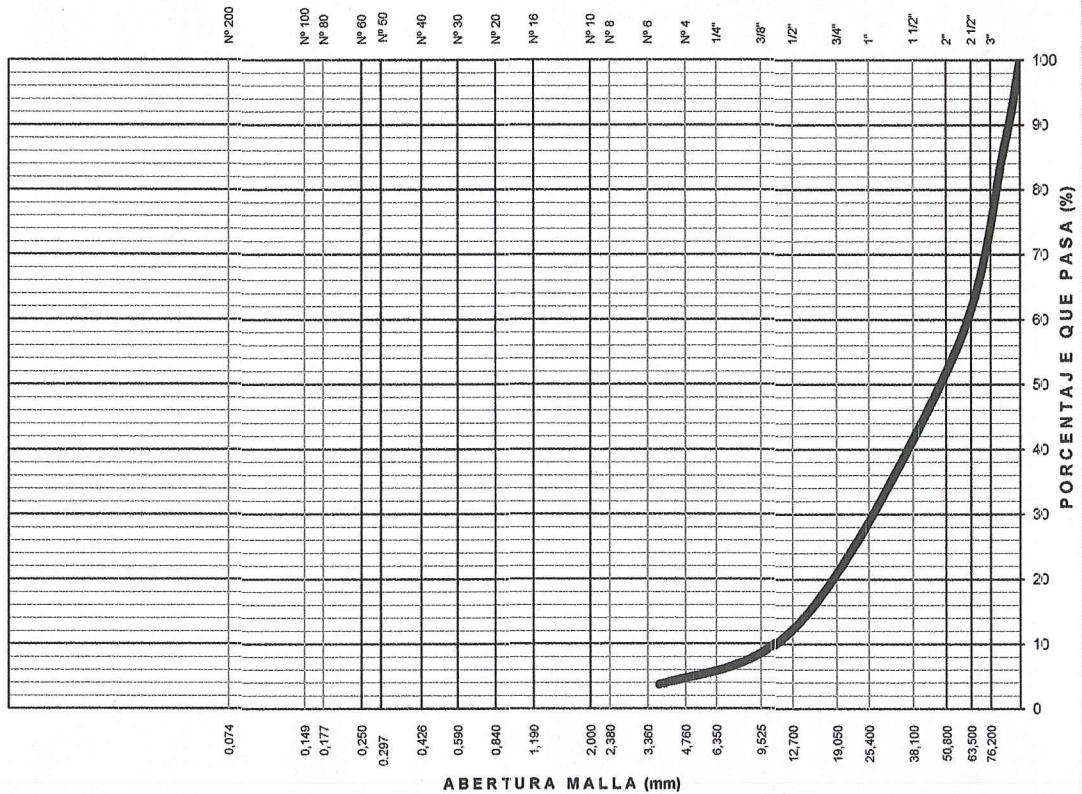
Proyecto : "RESISTENCIA DEL CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE AYACUCHO"

Solicitante : **LUIS ALFREDO CHAUCA ESCALANTE**  
 Cantera : **MUYURINA**  
 Material : **GRAVA CHANCADA**  
 Fecha : **MAYO DE 2016**

Region : **AYACUCHO**  
 Provincia : **HUAMANGA**  
 Distrito : **JESUS NAZARENO**  
 Lugar : **MUYURINA**

TAMIZ ASTM	Abertura (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETEN PARCIAL	% RETEN ACUMULADO	% QUE PASA	HUSO 4 TMN 1 1/2" - 3/4"	DATOS DEL ANALISIS GRANULOMETRICO	
3"	76.200						<b>PESOS (gr)</b> Peso seco inicial : 3697.30 Peso seco lavado : 3697.30 Pérdida por lavado : 0.0 <hr/> <b>ENSAYOS ESTANDAR</b> % Grava : 99.2 % Arena : 0.8 % de Finos : 0.0 D <sub>10</sub> = D <sub>60(mm)</sub> = 11.46 D <sub>30(mm)</sub> = 15.17 D <sub>60(mm)</sub> = 25.06 C <sub>u</sub> = 2.19 C <sub>c</sub> = 0.80 <hr/> <b>Clasificación SUCS : GP</b> <b>GRAVA MAL GRADUADA</b> Tamaño Maximo : 1 1/2" Tamaño Maximo Nominal : 1" Gravedad especifica : 2.71 Módulo de Fineza : 7.40 Superficie especifica (cm <sup>2</sup> /gr) : 1.37	
2 1/2"	63.500		-	-	100.00	100 - 100		
2"	50.800		-	-	100.00			
1 1/2"	38.100		-	-	100.00	90 - 100		
1"	25.400	491.60	13.30	13.30	86.70	20 - 55		
3/4"	19.050	1,171.00	31.67	44.97	55.03	0 - 15		
1/2"	12.700	1,515.90	41.00	85.97	14.03			
3/8"	9.525	380.90	10.30	96.27	3.73	0 - 5		
1/4"	6.350		-	96.27	3.73			
Nº 4	4.760	106.80	2.89	99.16	0.84			
Nº 6	3.360		-	99.16	0.84			
Nº 8	2.380	31.10	0.84	100.00	-			
Nº 10	2.000		-	100.00	-			
Nº 16	1.190		-	100.00	-			
Nº 20	0.840		-	100.00	-			
Nº 30	0.590		-	100.00	-			
Nº 40	0.426		-	100.00	-			
Nº 50	0.297		-	100.00	-			
Nº 60	0.250		-	100.00	-			
Nº 80	0.177		-	100.00	-			
Nº 100	0.149		-	100.00	-			
Nº 200	0.074		-	100.00	-			
Fondo Lavado		0.0	-	100.00	-			
<b>TOTAL</b>		<b>3697.3</b>	<b>100.0</b>					

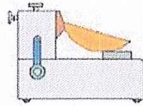
### CURVA GRANULOMETRICA



LIMO Y ARCILLA	ARENA			GRAVA		BOLEOS/ BLOQUE
	FINA	MEDIA	GRUESA	FINA	GRUESA	

**INGEOMAX**

Ing. Maxwil Anthony Morote Arias  
 CIP Nº 132454  
 ESPECIALISTA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS



## PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS (MTC E 203 - 2000)

Proyecto : "RESISTENCIA DEL CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE AYACUCHO"

Solicitante : LUIS ALFREDO CHAUCA ESCALANTE Region : AYACUCHO  
Cantera : MUYURINA Provincia : HUAMANGA  
Material : GRAVA CHANCADA Y ARENA ZARANDEADA Distrito : JESUS NAZARENO  
Fecha : MAYO DE 2016 Lugar : MUYURINA

### AGREGADO FINO

#### PESO UNITARIO SUELTO SECO (PUSS)

Nº DE ENSAYO	Ensayo Nº 01	Ensayo Nº 02	Ensayo Nº 03
A Peso Molde (gr)	1,854.0	1,854.0	1,854.0
B Peso Agregado + Molde (gr)	10,613.6	10,594.6	10,604.5
C Peso Agregado Suelto (gr) = (B)-(A)	8,759.6	8,740.6	8,750.5
D Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	5,626.0	5,626.0	5,626.0
E Peso Unitario Suelto Seco (Kg/m <sup>3</sup> ) = (C)/(D)	1,557	1,554	1,555
<b>PROMEDIO PUSS (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1,555</b>		

#### PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (PUCS) METODO DEL APISONADO

Nº DE ENSAYO	Ensayo Nº 01	Ensayo Nº 02	Ensayo Nº 03
A Peso Molde (gr)	1,854.0	1,854.0	1,854.0
B Peso Agregado + Molde (gr)	11,194.0	11,214.6	11,292.0
C Peso Agregado Suelto (gr) = (B)-(A)	9,340.0	9,360.6	9,438.0
D Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	5,626.0	5,626.0	5,626.0
E Peso Unitario Suelto Seco (Kg/m <sup>3</sup> ) = (C)/(D)	1,660	1,664	1,678
<b>PROMEDIO PUCS (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1,667</b>		

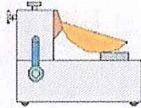
### AGREGADO GRUESO

#### PESO UNITARIO SUELTO SECO (PUSS)

Nº DE ENSAYO	Ensayo Nº 01	Ensayo Nº 02	Ensayo Nº 03
A Peso Molde (gr)	1,854.0	1,854.0	1,854.0
B Peso Agregado + Molde (gr)	9,594.2	9,497.0	9,565.0
C Peso Agregado Suelto (gr) = (B)-(A)	7,740.2	7,643.0	7,711.0
D Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	5,626.0	5,626.0	5,626.0
E Peso Unitario Suelto Seco (Kg/m <sup>3</sup> ) = (C)/(D)	1,376	1,359	1,371
<b>PROMEDIO PUSS (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1,368</b>		

#### PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (PUCS) METODO DEL APISONADO

Nº DE ENSAYO	Ensayo Nº 01	Ensayo Nº 02	Ensayo Nº 03
A Peso Molde (gr)	1,854.0	1,854.0	1,854.0
B Peso Agregado + Molde (gr)	10,033.0	10,050.7	10,105.4
C Peso Agregado Suelto (gr) = (B)-(A)	8,179.0	8,196.7	8,251.4
D Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	5,626.0	5,626.0	5,626.0
E Peso Unitario Suelto Seco (Kg/m <sup>3</sup> ) = (C)/(D)	1,454	1,457	1,467
<b>PROMEDIO PUCS (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1,459</b>		



# INGEOMAX

INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO

ESPECIALISTA EN SUELOS Y CONCRETO

## PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS

Proyecto : "RESISTENCIA DEL CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE AYACUCHO"

Solicitante : LUIS ALFREDO CHAUCA ESCALANTE

Region : AYACUCHO

Cantera : MUYURINA

Provincia : HUAMANGA

Material : GRAVA CHANCADA Y ARENA ZARANDEADA

Distrito : JESUS NAZARENO

Fecha : MAYO DE 2016

Lugar : MUYURINA

### AGREGADO GRUESO (MTC E 206 - 2000, NTP 400.021)

OBJETIVO: Obtención de los Pesos Específicos aparente y nominal, así como la absorción después de 24 horas de sumergidos en agua.

DEFINICIONES: En un sólido permeable, si se incluye en su volumen la parte de vacíos accesibles al agua en las condiciones que se establezcan, se define el volumen denominado aparente, si se excluye este volumen de vacíos al volumen resultante, se le denomina nominal.

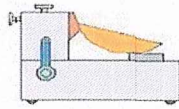
IDENTIFICACIÓN		ENSAYO Nº 01 AG	ENSAYO Nº 02	ENSAYO Nº 03	PROMEDIO
A	Peso en el aire de la muestra seca (gr)	801.70	801.70		
B	Peso en el aire de la muestra SSS (gr)	818.70	818.70		
C	Peso sumergido en agua de la muestra SSS (gr)	497.50	497.50		
	Peso Especifico Aparente = A/(B-C)	2.50	2.50		2.50
	Peso Especifico Aparente SSS = B/(B-C)	2.55	2.55		2.55
	Peso Especifico Nominal = A/(A-C)	2.64	2.64		2.64
	% de Absorción = ((B - A)/A) x 100	2.12	2.12		2.12

### AGREGADO FINO (MTC E 205 - 2000)

IDENTIFICACIÓN		ENSAYO Nº 01	ENSAYO Nº 02	ENSAYO Nº 03	PROMEDIO
A	Peso al aire de la muestra secada (gr)	296.50	296.50		
B	Peso del Picnometro aforado lleno de agua (gr)	675.30	675.30		
C	Peso del Picnometro con la muestra y agua (gr)	857.60	857.60		
D	Peso de la muestra en SSS (gr)	300.00	300.00		
	Peso Especifico Aparente = A/(B-C+S)	2.52	2.52		2.52
	Peso Especifico Aparente SSS = S/(B-C+S)	2.55	2.55		2.55
	Peso Especifico Nominal = A/(A-C+B)	2.60	2.60		2.60
	% de Absorción = ((S - A)/A) x 100	1.18	1.18		1.18

 INGEOMAX

Ing. Maxwil Anthony Morote Arias  
CIP Nº 132454  
ESPECIALISTA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS



# INGEOMAX

INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO  
ESPECIALISTAS EN SUELOS Y CONCRETO

## ENSAYO ESTANDAR PARA DURABILIDAD DE LOS AGREGADOS MEDIANTE EL USO DE SULFATO DE SODIO O SULFATO DE MAGNESIO (ASTM C-88)

Proyecto : "RESISTENCIA DEL CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE AYACUCHO"

Solicitante	: LUIS ALFREDO CHAUCA ESCALANTE	Region	: AYACUCHO
Material	: MUYURINA	Provincia	: HUAMANGA
	: GRAVA CHANCADA	Distrito	: JESUS NAZARENO
Fecha	: MAYO DE 2016	Lugar	: MUYURINA

### AGREGADO GRUESO

Retenido Tamiz	Peso Inicial (gr)	Peso final (gr)	Desgaste Inicial (%)	Desgaste Final (%)
1" 25mm	1000.00	969.10	0.00	3.09
3/4" 19mm	500.00	459.90	0.00	8.02
1/2" 12.5mm	670.00	635.00	0.00	5.22
3/8" 9.5mm	330.00	296.40	0.00	10.18
1/4" 6.3mm	300.00	262.20	0.00	12.60
TOTAL	2,800.00	2,622.60	0.00	7.82

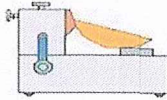
### AGREGADO FINO

Retenido Tamiz	Peso Inicial (gr)	Peso final (gr)	Desgaste Inicial (%)	Desgaste Final (%)
Nº 4 4.76mm	100.00	83.60	0.00	16.40
Nº 8 2.38mm	100.00	92.90	0.00	7.10
Nº16 1.19mm	100.00	93.70	0.00	6.30
Nº 30 0.59mm	100.00	93.80	0.00	6.20
Nº 50 0.297mm	100.00	95.60	0.00	4.40
TOTAL	500.00	459.60	0.00	8.08

DESGASTE DEL AGREGADO GRUESO (%)	7.82
DESGASTE DEL AGREGADO FINO (%)	8.08

INGEOMAX

Ing. Maxwil Anthony Morote Arias  
CIP Nº 132484  
ESPECIALISTA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS



# INGEOMAX

INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO  
ESPECIALISTAS EN SUELOS Y CONCRETO

## ABRASION LOS ANEGELES (L.A) AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS MENORES A 1 1/2" (MTC E 207-2000)

Proyecto : "RESISTENCIA DEL CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE  
AYACUCHO"

Solicitante	: LUIS ALFREDO CHAUCA ESCALANTE	Region	: AYACUCHO
Material	: MUYURINA	Provincia	: HUAMANGA
	: GRAVA CHANCADA	Distrito	: JESUS NAZARENO
Fecha	: MAYO DE 2016	Lugar	: MUYURINA

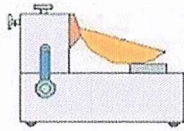
### Granulometria de la muestra del agregado para ensayo

Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	A (12 esf) Peso (gr)	B (11 esf) Peso (gr)	C (8 esf) Peso (gr)	D (6 esf) Peso (gr)
1 1/2" 37.5mm	1" 25mm	1251.00			
1" 25mm	3/4" 19mm	1249.00			
3/4" 19mm	1/2" 12.5mm	1250.00			
1/2" 12.5mm	3/8" 9.5mm	1250.00			
3/8" 9.5mm	1/4" 6.3mm				
1/4" 6.3mm	Nº 4 4.75mm				
Nº 4 4.75mm	Nº 8 2.36mm				
TOTAL (gramos)		5,000.00	-	-	-

### Muestra despues del ensayo

Peso de la muestra despues del ensayo	3,783.0		
% de Desgaste	24.3		

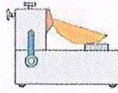
  
INGEOMAX  
Ing. Maxwell Anthony Marote Arias  
CIP Nº 132484  
ESPECIALISTA EN SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS



# INGEOMAX

INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO

**ENSAYOS  
CANTERA CHACCO**



# INGEOMAX

INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO

ESPECIALISTA EN SUELOS Y CONCRETO

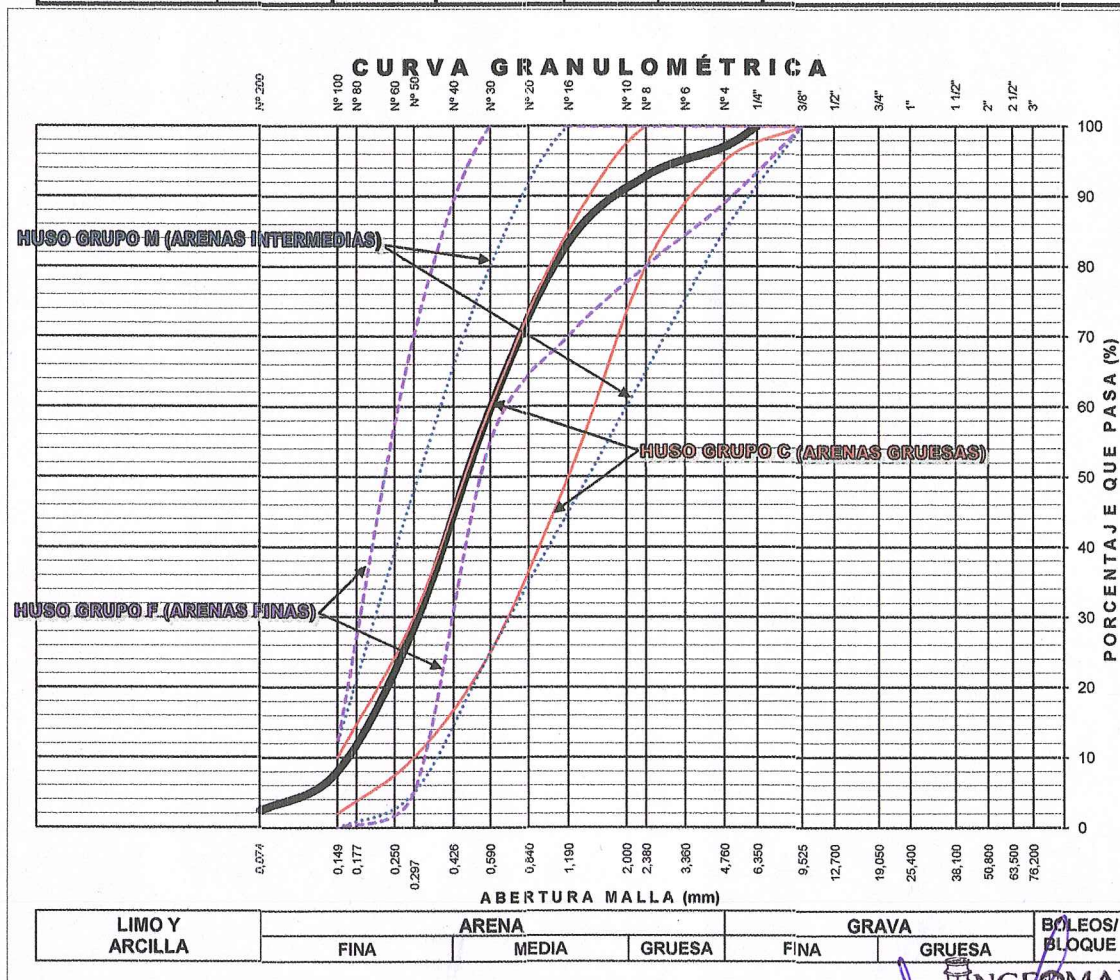
## ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO FINO (MTC E 204-2000)

Proyecto : "RESISTENCIA DEL CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE AYACUCHO - 2016"

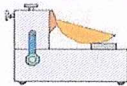
Solicitante : **LUIS ALFREDO CHAUCA ESCALANTE**  
 Cantera : **LAS PIEDRAS**  
 Material : **ARENA ZARANDEADA**  
 Fecha : **MAYO DE 2016**

Region : **AYACUCHO**  
 Provincia : **HUAMANGA**  
 Distrito : **JESUS NAZARENO**  
 Lugar : **CHACCO**

TAMIZ ASTM	Abertura (mm)	PESO (gr) RETENIDO	% RETEN PARCIAL	% RETEN ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF. LIM. TOTAL	DATOS DEL ANALISIS GRANULOMETRICO	
3"	76.200				100.00		<b>PESOS (gr)</b>	
2 1/2"	63.500				100.00		Peso seco inicial	932.40
2"	50.800				100.00		Peso seco lavado	910.50
1 1/2"	38.100				100.00		Pérdida por lavado	21.9
1"	25.400				100.00		<b>ENSAYOS ESTANDAR</b>	
3/4"	19.050				100.00		% Grava	3.0
1/2"	12.700				100.00	100	% Arena	94.7
3/8"	9.525				100.00		% de Finos	2.3
1/4"	6.350				100.00		D <sub>10</sub> = D <sub>ef(mm)</sub> =	0.1517
Nº 4	4.760	27.80	2.98	2.98	97.02	89 - 100	D <sub>30(mm)</sub> =	0.3029
Nº 6	3.360			2.98	97.02		D <sub>60(mm)</sub> =	0.8574
Nº 8	2.380	39.10	4.19	7.18	92.82	65 - 100	Cu =	5.7
Nº 10	2.000			7.18	92.82		Cc =	0.7
Nº 16	1.190	88.30	9.47	16.65	83.35	45 - 100	Clasificación SUCS	
Nº 20	0.840			16.65	83.35		<b>ARENA MAL GRADUADA</b>	
Nº 30	0.590	220.20	23.62	40.26	59.74	25 - 100	Gravedad específica	2.60
Nº 40	0.426			40.26	59.74		Módulo de Fineza	2.30
Nº 50	0.297	290.60	31.17	71.43	28.57	5 - 70	Superficie específica (cm <sup>2</sup> /gr)	79.8
Nº 60	0.250			71.43	28.57			
Nº 80	0.177			71.43	28.57			
Nº 100	0.149	191.30	20.52	91.95	8.05	0 - 12		
Fondo	0.074	53.20	5.71	97.65	2.35			
Lavado				97.65	2.35			
		21.9	2.35	100.00	0.00			
<b>TOTAL</b>		<b>932.40</b>	<b>100.00</b>					



Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
   
 CIP Nº 132454
   
 ESPECIALISTA EN SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS



# INGEOMAX

INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO

ESPECIALISTAS EN SUELOS Y CONCRETO

## ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO GRUESO (MTC E 204 - 2000)

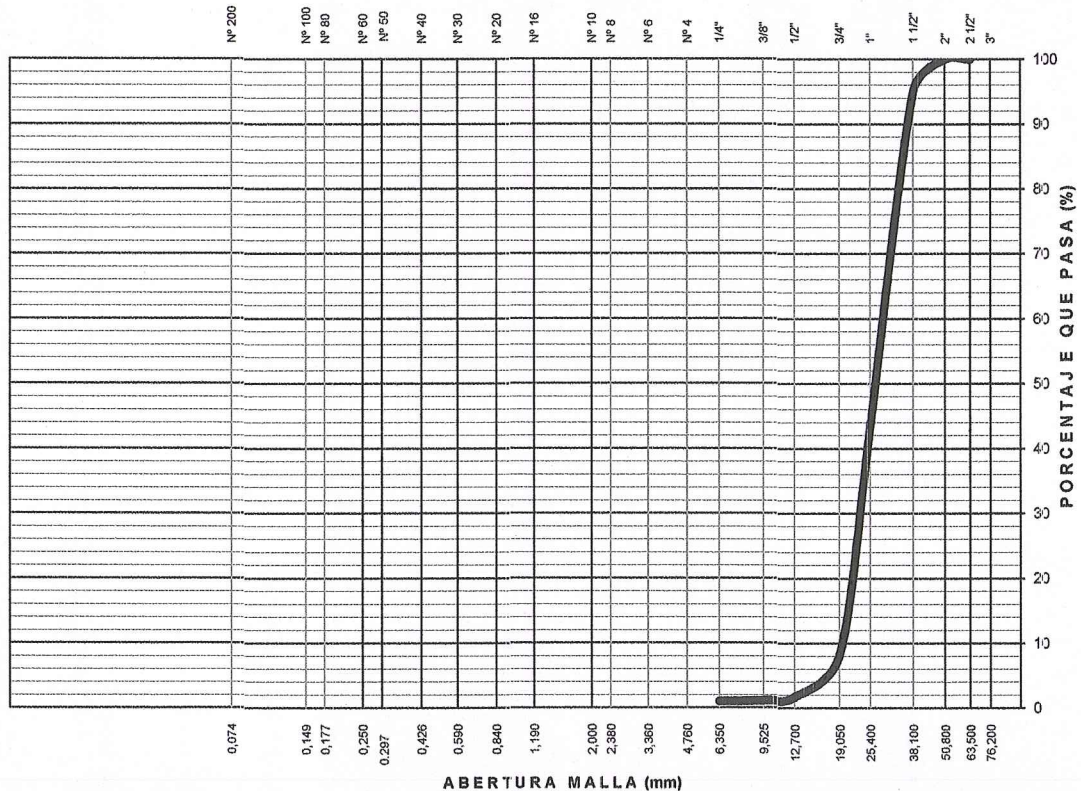
Proyecto : "RESISTENCIA DEL CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE AYACUCHO - 2016"

Solicitante : LUIS ALFREDO CHAUCA ESCALANTE  
 Cantera : LAS PIEDRAS  
 Material : GRAVA CHANCADA  
 Fecha : MAYO DE 2016

Region : AYACUCHO  
 Provincia : HUAMANGA  
 Distrito : JESUS NAZARENO  
 Lugar : CHACCO

TAMIZ ASTM	Abertura (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETEN PARCIAL	% RETEN ACUMULADO	% QUE PASA	DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO							<b>PESOS (gr)</b>				
						Peso seco inicial	3285.60				
						Peso seco lavado	3253.40				
						Pérdida por lavado	32.2				
						<b>ENSAYOS ESTÁNDAR</b>					
						% Grava	99.0				
						% Arena	0.0				
						% de Finos	1.0				
						D <sub>10</sub> = D <sub>60(mm)</sub> =	19.36				
						D <sub>30(mm)</sub> =	22.98				
						D <sub>60(mm)</sub> =	35.63				
						Cu =	1.84				
						Cc =	0.77				
						Clasificación SUCS <b>GP</b>					
						<b>GRAVA MAL GRADUADA</b>					
						Tamaño Maximo	2"				
						Tamaño Maximo Nominal	1 1/2"				
						Gravedad especifica	2.71				
						Módulo de Fineza	7.90				
						Superficie especifica (cm <sup>2</sup> /gr)	4.72				

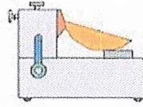
### CURVA GRANULOMÉTRICA



LIMO Y ARCILLA	ARENA			GRAVA		BOLEOS BLOCUE
	FINA	MEDIA	GRUESA	FINA	GRUESA	



Ing. Maxw Anthony Morote Arias  
 QIP N° 132454  
 ESPECIALISTA EN SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS



## PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS (MTC E 203 - 2000)

Proyecto : "RESISTENCIA DEL CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE AYACUCHO - 2016"

Solicitante : LUIS ALFREDO CHAUCA ESCALANTE Region : AYACUCHO  
 Cantera : LAS PIEDRAS Provincia : HUAMANGA  
 Material : GRAVA CHANCADA Y ARENA ZARANDEADA Distrito : JESUS NAZARENO  
 Fecha : MAYO DE 2016 Lugar : CHACCO

### AGREGADO FINO

#### PESO UNITARIO SUELTO SECO (PUSS)

Nº DE ENSAYO	Ensayo Nº 01	Ensayo Nº 02	Ensayo Nº 03
A Peso Molde (gr)	1,854.0	1,854.0	1,854.0
B Peso Agregado + Molde (gr)	10,218.4	10,292.9	10,206.5
C Peso Agregado Suelto (gr) = (B)-(A)	8,364.4	8,438.9	8,352.5
D Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	5,626.0	5,626.0	5,626.0
E Peso Unitario Suelto Seco (Kg/m <sup>3</sup> ) = (C)/(D)	1,487	1,500	1,485
<b>PROMEDIO PUSS (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1,490</b>		

#### PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (PUCS) METODO DEL APISONADO

Nº DE ENSAYO	Ensayo Nº 01	Ensayo Nº 02	Ensayo Nº 03
A Peso Molde (gr)	1,854.0	1,854.0	1,854.0
B Peso Agregado + Molde (gr)	10,825.4	10,866.2	10,855.2
C Peso Agregado Suelto (gr) = (B)-(A)	8,971.4	9,012.2	9,001.2
D Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	5,626.0	5,626.0	5,626.0
E Peso Unitario Suelto Seco (Kg/m <sup>3</sup> ) = (C)/(D)	1,595	1,602	1,600
<b>PROMEDIO PUCS (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1,599</b>		

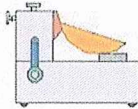
### AGREGADO GRUESO

#### PESO UNITARIO SUELTO SECO (PUSS)

Nº DE ENSAYO	Ensayo Nº 01	Ensayo Nº 02	Ensayo Nº 03
A Peso Molde (gr)	1,854.0	1,854.0	1,854.0
B Peso Agregado + Molde (gr)	9,476.0	9,485.3	9,397.0
C Peso Agregado Suelto (gr) = (B)-(A)	7,622.0	7,631.3	7,543.0
D Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	5,626.0	5,626.0	5,626.0
E Peso Unitario Suelto Seco (Kg/m <sup>3</sup> ) = (C)/(D)	1,355	1,356	1,341
<b>PROMEDIO PUSS (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1,351</b>		

#### PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (PUCS) METODO DEL APISONADO

Nº DE ENSAYO	Ensayo Nº 01	Ensayo Nº 02	Ensayo Nº 03
A Peso Molde (gr)	1,854.0	1,854.0	1,854.0
B Peso Agregado + Molde (gr)	9,982.4	10,059.8	10,117.6
C Peso Agregado Suelto (gr) = (B)-(A)	8,128.4	8,205.8	8,263.6
D Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	5,626.0	5,626.0	5,626.0
E Peso Unitario Suelto Seco (Kg/m <sup>3</sup> ) = (C)/(D)	1,445	1,459	1,469
<b>PROMEDIO PUCS (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1,457</b>		



# INGEOMAX

INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y CONCRETO

## PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS

Proyecto : "RESISTENCIA DEL CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE AYACUCHO - 2016"

Solicitante : LUIS ALFREDO CHAUCA ESCALANTE

Region : AYACUCHO

Cantera : LAS PIEDRAS

Provincia : HUAMANGA

Material : GRAVA CHANCADA Y ARENA ZARANDEADA

Distrito : JESUS NAZARENO

Fecha : MAYO DE 2016

Lugar : CHACCO

### AGREGADO GRUESO (MTC E 206 - 2000, NTP 400.021)

OBJETIVO: Obtencion de los Pesos Especificos aparente y nominal, así como la absorcion despues de 24 horas de sumergidos en agua.

DEFINICIONES: En un solido permeable, si se incluye en su volumen la parte de vacios accesibles al agua en las condiciones que se establezcan, se define el volumen denominado aparente, si se excluye este volumen de vacios al volumen resultante, se le denomina nominal.

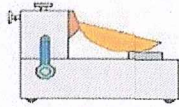
IDENTIFICACIÓN		ENSAYO Nº 01 AG	ENSAYO Nº 02	ENSAYO Nº 03	PROMEDIO
A	Peso en el aire de la muestra seca (gr)	815.40	815.40		
B	Peso en el aire de la muestra SSS (gr)	841.20	841.20		
C	Peso sumergido en agua de la muestra SSS (gr)	506.60	506.60		
	Peso Especifico Aparente = $A/(B-C)$	2.44	2.44		2.44
	Peso Especifico Aparente SSS = $B/(B-C)$	2.51	2.51		2.51
	Peso Especifico Nominal = $A/(A-C)$	2.64	2.64		2.64
	% de Absorción = $((B - A)/A) \times 100$	3.16	3.16		3.16

### AGREGADO FINO (MTC E 205 - 2000)

IDENTIFICACIÓN		ENSAYO Nº 01	ENSAYO Nº 02	ENSAYO Nº 03	PROMEDIO
A	Peso al aire de la muestra secada (gr)	294.00	294.00		
B	Peso del Picnometro aforado lleno de agua (gr)	675.30	675.30		
C	Peso del Picnometro con la muestra y agua (gr)	859.20	859.20		
D	Peso de la muestra en SSS (gr)	300.00	300.00		
	Peso Especifico Aparente = $A/(B-C+S)$	2.53	2.53		2.53
	Peso Especifico Aparente SSS = $S/(B-C+S)$	2.58	2.58		2.58
	Peso Especifico Nominal = $A/(A-C+B)$	2.67	2.67		2.67
	% de Absorción = $((S - A)/A) \times 100$	2.04	2.04		2.04

INGEOMAX

Ing. Maxwil Anthony Morote Arias  
CIP Nº 132454  
ESPECIALISTA EN SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS



# INGEOMAX

INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO  
ESPECIALISTAS EN SUELOS Y CONCRETO

## ENSAYO ESTANDAR PARA DURABILIDAD DE LOS AGREGADOS MEDIANTE EL USO DE SULFATO DE SODIO O SULFATO DE MAGNESIO (ASTM C-88)

Proyecto : "RESISTENCIA DEL CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE  
AYACUCHO - 2016"

Solicitante : LUIS ALFREDO CHAUCA ESCALANTE Region : AYACUCHO

Material : LAS PIEDRAS Provincia : HUAMANGA

: GRAVA CHANCADA Distrito : JESUS NAZARENO

Fecha : MAYO DE 2016 Lugar : CHACCO

### AGREGADO GRUESO

Retenido Tamiz	Peso Inicial (gr)	Peso final (gr)	Desgaste Inicial (%)	Desgaste Final (%)
1" 25mm	1000.00	932.40	0.00	6.76
3/4" 19mm	500.00	461.30	0.00	7.74
1/2" 12.5mm	670.00	621.20	0.00	7.28
3/8" 9.5mm	330.00	299.30	0.00	9.30
1/4" 6.3mm	300.00	284.10	0.00	5.30
TOTAL	2,800.00	2,598.30	0.00	7.28

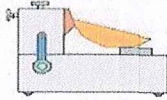
### AGREGADO FINO

Retenido Tamiz	Peso Inicial (gr)	Peso final (gr)	Desgaste Inicial (%)	Desgaste Final (%)
Nº 4 4.76mm	100.00	84.90	0.00	15.10
Nº 8 2.38mm	100.00	87.30	0.00	12.70
Nº16 1.19mm	100.00	88.70	0.00	11.30
Nº 30 0.59mm	100.00	91.70	0.00	8.30
Nº 50 0.297mm	100.00	91.10	0.00	8.90
TOTAL	500.00	443.70	0.00	11.26

DESGASTE DEL AGREGADO GRUESO (%)	7.28
DESGASTE DEL AGREGADO FINO (%)	11.26

INGEOMAX

Ing. Maxwell Anthony Morote Arias  
CIP Nº 132454  
ESPECIALISTA EN SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS



# INGEOMAX

INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO  
ESPECIALISTAS EN SUELOS Y CONCRETO

## ABRASION LOS ANEGELES (L.A) AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS MENORES A 1 1/2" (MTC E 207-2000)

Proyecto : "RESISTENCIA DEL CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE  
AYACUCHO - 2016"

Solicitante	: LUIS ALFREDO CHAUCA ESCALANTE	Region	: AYACUCHO
Material	: LAS PIEDRAS	Provincia	: HUAMANGA
	: GRAVA CHANCADA	Distrito	: JESUS NAZARENO
Fecha	: MAYO DE 2016	Lugar	: CHACCO

### Granulometria de la muestra del agregado para ensayo

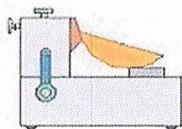
Pasa Tamiz		Retenido Tamiz		A (12 esf) Peso (gr)	B (11 esf) Peso (gr)	C (8 esf) Peso (gr)	D (6 esf) Peso (gr)
1 1/2"	37.5mm	1"	25mm	1250.00			
1"	25mm	3/4"	19mm	1250.00			
3/4"	19mm	1/2"	12.5mm	1250.00			
1/2"	12.5mm	3/8"	9.5mm	1250.00			
3/8"	9.5mm	1/4"	6.3mm				
1/4"	6.3mm	Nº 4	4.75mm				
Nº 4	4.75mm	Nº 8	2.36mm				
TOTAL (gramos)				5,000.00	-	-	-

### Muestra despues del ensayo

Peso de la muestra despues del ensayo	3,698.0		
% de Desgaste	26.0		

INGEOMAX

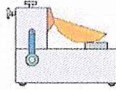
Ing. Maxwil Anthony Merote Arias  
CIP N° 132454  
ESPECIALISTA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS



# INGEOMAX

INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO

**ENSAYOS  
CANTERA COMPAÑIA**



## ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO FINO (MTC E 204-2000)

Proyecto : "RESISTENCIA DEL CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE AYACUCHO - 2016"

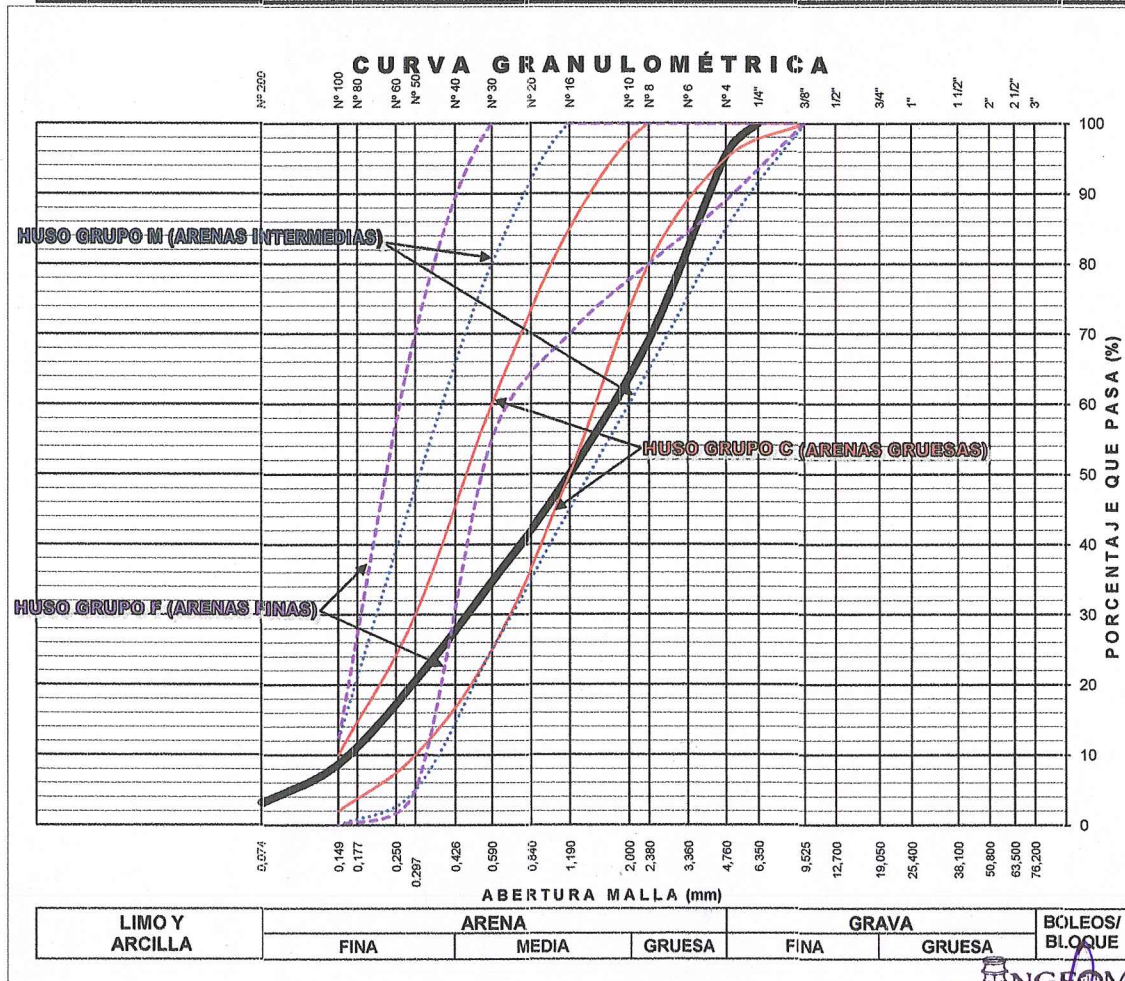
Solicitante : **LUIS ALFREDO CHAUCA ESCALANTE**  
 Cantera : **EL PEDREGAL**  
 Material : **ARENA ZARANDEADA**  
 Fecha : **MAYO DE 2016**

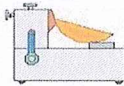
Region : **AYACUCHO**  
 Provincia : **HUANTA**  
 Distrito : **HUANTA**  
 Lugar : **COMPAÑIA**

TAMIZ ASTM	Abertura (mm)	PESO (gr) RETENIDO	% RETEN PARCIAL	% RETEN ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF. LIM. TOTAL	DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	
							PESOS (gr)	
3"	76.200				100.00			
2 1/2"	63.500		-	-	100.00			
2"	50.800		-	-	100.00			
1 1/2"	38.100		-	-	100.00			
1"	25.400		-	-	100.00			
3/4"	19.050		-	-	100.00			
1/2"	12.700		-	-	100.00			
3/8"	9.525		-	-	100.00	100		
1/4"	6.350		-	-	100.00			
Nº 4	4.760	71.80	4.53	4.53	95.47	89 - 100		
Nº 6	3.360		-	4.53	95.47			
Nº 8	2.380	116.40	26.27	30.80	69.20	65 - 100		
Nº 10	2.000		-	30.80	69.20			
Nº 16	1.190	304.20	19.19	49.99	50.01	45 - 100		
Nº 20	0.840		-	49.99	50.01			
Nº 30	0.590	242.70	15.31	65.31	34.69	25 - 100		
Nº 40	0.426		-	65.31	34.69			
Nº 50	0.297	223.30	14.09	79.39	20.61	5 - 70		
Nº 60	0.250		-	79.39	20.61			
Nº 80	0.177		-	79.39	20.61			
Nº 100	0.149	188.40	11.89	91.28	8.72	0 - 12		
Nº 200	0.074	89.00	5.62	96.90	3.10			
Fondo			-	96.90	3.10			
Lavado		49.2	3.10	100.00	0.00			
<b>TOTAL</b>		<b>1,585.00</b>	<b>100.00</b>					

ENSAYOS ESTÁNDAR	
Peso seco inicial	1535.00
Peso seco lavado	1535.80
Pérdida por lavado	49.2
ENSAYOS ESTÁNDAR	
% Grava	4.5
% Arena	92.4
% de Finos	3.1
D <sub>10</sub> = D <sub>g(mm)</sub> =	0.1520
D <sub>30(mm)</sub> =	0.3830
D <sub>60(mm)</sub> =	3.3597
Cu =	22.1
Cc =	0.3
Clasificación SUCS	<b>SP</b>
<b>ARENA MAL GRADUADA CON GRAVA</b>	
Gravedad especifica	2.60
Módulo de Fineza	3.21
Superficie especifica (cm <sup>2</sup> /gr)	60.2





# INGEOMAX

INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO

ESPECIALISTAS EN SUELOS Y CONCRETO

## ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO GRUESO (MTC E 204 - 2000)

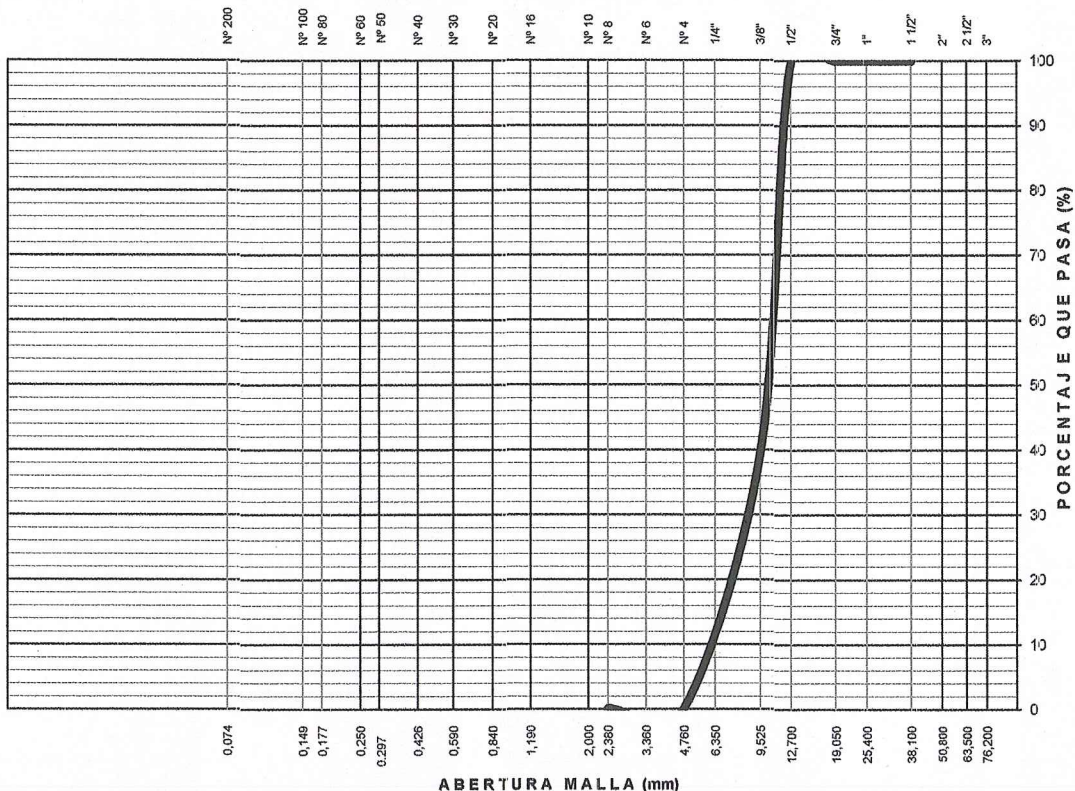
Proyecto : "RESISTENCIA DEL CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE AYACUCHO - 2016"

Solicitante : **LUIS ALFREDO CHAUCA ESCALANTE**  
 Cantera : **EL PEDREGAL**  
 Material : **GRAVA CHANCADA**  
 Fecha : **MAYO DE 2016**

Region : **AYACUCHO**  
 Provincia : **HUANTA**  
 Distrito : **HUANTA**  
 Lugar : **COMPAÑIA**

TAMIZ ASTM	Abertura (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETEN PARCIAL	% RETEN ACUMULADO	% QUE PASA	DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO							<b>PESOS (gr)</b>				
						Peso seco inicial	1062.00				
						Peso seco lavado	1061.03				
						Pérdida por lavado	1.0				
						<b>ENSAYOS ESTÁNDAR</b>					
						% Grava	99.9				
						% Arena	0.0				
						% de Finos	0.1				
						D <sub>10</sub> = D <sub>el(mm)</sub> =	5.66				
						D <sub>30(mm)</sub> =	8.38				
						D <sub>60(mm)</sub> =	11.92				
						Cu =	2.00				
						Cc =	0.99				
						Clasificación SUCS	<b>GP</b>				
						<b>GRAVA MAL GRADUADA</b>					
						Tamaño Maximo	1 1/2"				
						Tamaño Maximo Nominal	3/4"				
						Gravedad especifica	2.71				
						Módulo de Fineza	3.60				
						Superficie especifica (cm <sup>2</sup> /gr)	3.14				
<b>TOTAL</b>		<b>1062.0</b>	<b>100.0</b>								

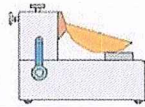
### CURVA GRANULOMÉTRICA



LIMO Y ARCILLA	ARENA			GRAVA		BOLEOS/ BLOQUE
	FINA	MEDIA	GRUESA	FINA	GRUESA	

**INGEOMAX**

Ing. Maxwil Anthony Morote Arias  
 CIP N° 132764  
 ESPECIALISTA EN SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS



## PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS (MTC E 203 - 2000)

Proyecto : "RESISTENCIA DEL CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE AYACUCHO - 2016"

Solicitante : LUIS ALFREDO CHAUCA ESCALANTE Region : AYACUCHO  
Cantera : EL PEDREGAL Provincia : HUANTA  
Material : GRAVA CHANCADA Y ARENA ZARANDEADA Distrito : HUANTA  
Fecha : MAYO DE 2016 Lugar : COMPAÑIA

### AGREGADO FINO

#### PESO UNITARIO SUELTO SECO (PUSS)

Nº DE ENSAYO	Ensayo Nº 01	Ensayo Nº 02	Ensayo Nº 03
A Peso Molde (gr)	1,854.0	1,854.0	1,854.0
B Peso Agregado + Molde (gr)	10,416.0	10,443.8	10,405.5
C Peso Agregado Suelto (gr) = (B)-(A)	8,562.0	8,589.8	8,551.5
D Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	5,626.0	5,626.0	5,626.0
E Peso Unitario Suelto Seco (Kg/m <sup>3</sup> ) = (C)/(D)	1,522	1,527	1,520
<b>PROMEDIO PUSS (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1,523</b>		

#### PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (PUCS) METODO DEL APISONADO

Nº DE ENSAYO	Ensayo Nº 01	Ensayo Nº 02	Ensayo Nº 03
A Peso Molde (gr)	1,854.0	1,854.0	1,854.0
B Peso Agregado + Molde (gr)	11,009.7	11,040.4	11,073.6
C Peso Agregado Suelto (gr) = (B)-(A)	9,155.7	9,186.4	9,219.6
D Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	5,626.0	5,626.0	5,626.0
E Peso Unitario Suelto Seco (Kg/m <sup>3</sup> ) = (C)/(D)	1,627	1,633	1,639
<b>PROMEDIO PUCS (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1,633</b>		

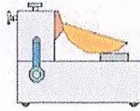
### AGREGADO GRUESO

#### PESO UNITARIO SUELTO SECO (PUSS)

Nº DE ENSAYO	Ensayo Nº 01	Ensayo Nº 02	Ensayo Nº 03
A Peso Molde (gr)	1,854.0	1,854.0	1,854.0
B Peso Agregado + Molde (gr)	9,535.1	9,491.2	9,481.0
C Peso Agregado Suelto (gr) = (B)-(A)	7,681.1	7,637.2	7,627.0
D Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	5,626.0	5,626.0	5,626.0
E Peso Unitario Suelto Seco (Kg/m <sup>3</sup> ) = (C)/(D)	1,365	1,357	1,356
<b>PROMEDIO PUSS (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1,359</b>		

#### PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (PUCS) METODO DEL APISONADO

Nº DE ENSAYO	Ensayo Nº 01	Ensayo Nº 02	Ensayo Nº 03
A Peso Molde (gr)	1,854.0	1,854.0	1,854.0
B Peso Agregado + Molde (gr)	10,007.7	10,055.3	10,111.5
C Peso Agregado Suelto (gr) = (B)-(A)	8,153.7	8,201.3	8,257.5
D Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	5,626.0	5,626.0	5,626.0
E Peso Unitario Suelto Seco (Kg/m <sup>3</sup> ) = (C)/(D)	1,449	1,458	1,468
<b>PROMEDIO PUCS (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1,458</b>		



# INGEOMAX

INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO

ESPECIALISTA EN SUELOS Y CONCRETO

## PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS

Proyecto : "RESISTENCIA DEL CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE AYACUCHO - 2016"

Solicitante : LUIS ALFREDO CHAUCA ESCALANTE

Region : AYACUCHO

Cantera : EL PEDREGAL

Provincia : HUANTA

Material : GRAVA CHANCADA Y ARENA ZARANDEADA

Distrito : HUANTA

Fecha : MAYO DE 2016

Lugar : COMPAÑÍA

### AGREGADO GRUESO (MTC E 206 - 2000, NTP 400.021)

OBJETIVO: Obtención de los Pesos Especificos aparente y nominal, así como la absorción después de 24 horas de sumergidos en agua.

DEFINICIONES: En un sólido permeable, si se incluye en su volumen la parte de vacíos accesibles al agua en las condiciones que se establezcan, se define el volumen denominado aparente, si se excluye este volumen de vacíos al volumen resultante, se le denomina nominal.

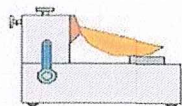
IDENTIFICACIÓN		ENSAYO Nº 01 AG	ENSAYO Nº 02	ENSAYO Nº 03	PROMEDIO
A	Peso en el aire de la muestra seca (gr)	1,140.00	1,140.00		
B	Peso en el aire de la muestra SSS (gr)	1,159.40	1,159.40		
C	Peso sumergido en agua de la muestra SSS (gr)	720.40	720.40		
	Peso Especifico Aparente = A/(B-C)	2.60	2.60		2.60
	Peso Especifico Aparente SSS = B/(B-C)	2.64	2.64		2.64
	Peso Especifico Nominal = A/(A-C)	2.72	2.72		2.72
	% de Absorción = ((B - A)/A) x 100	1.70	1.70		1.70

### AGREGADO FINO (MTC E 205 - 2000)

IDENTIFICACIÓN		ENSAYO Nº 01	ENSAYO Nº 02	ENSAYO Nº 03	PROMEDIO
A	Peso al aire de la muestra secada (gr)	490.50	490.50		
B	Peso del Picnometro aforado lleno de agua (gr)	655.70	655.70		
C	Peso del Picnometro con la muestra y agua (gr)	961.80	961.80		
D	Peso de la muestra en SSS (gr)	500.00	500.00		
	Peso Especifico Aparente = A/(B-C+S)	2.53	2.53		2.53
	Peso Especifico Aparente SSS = S/(B-C+S)	2.58	2.58		2.58
	Peso Especifico Nominal = A/(A-C+B)	2.66	2.66		2.66
	% de Absorción = ((S - A)/A) x 100	1.94	1.94		1.94

INGEOMAX

Ing. Maxwil Anthony Morote Arias  
CIP Nº 132454  
ESPECIALISTA EN SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS



# INGEOMAX

INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO  
ESPECIALISTAS EN SUELOS Y CONCRETO

## ENSAYO ESTANDAR PARA DURABILIDAD DE LOS AGREGADOS MEDIANTE EL USO DE SULFATO DE SODIO O SULFATO DE MAGNESIO (ASTM C-88)

Proyecto : "RESISTENCIA DEL CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE  
AYACUCHO - 2016"

Solicitante : LUIS ALFREDO CHAUCA ESCALANTE Region : AYACUCHO

Material : EL PEDREGAL Provincia : HUANTA

: GRAVA CHANCADA Distrito : HUANTA

Fecha : MAYO DE 2016 Lugar : COMPAÑIA

### AGREGADO GRUESO

Retenido Tamiz	Peso Inicial (gr)	Peso final (gr)	Desgaste Inicial (%)	Desgaste Final (%)
1" 25mm	1000.00	0.00	0.00	100.00
3/4" 19mm	500.00	469.80	0.00	6.04
1/2" 12.5mm	670.00	645.00	0.00	3.73
3/8" 9.5mm	330.00	298.20	0.00	9.64
1/4" 6.3mm	300.00	272.20	0.00	9.27
TOTAL	2,800.00	1,685.20	0.00	25.73

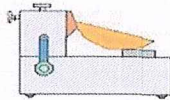
### AGREGADO FINO

Retenido Tamiz	Peso Inicial (gr)	Peso final (gr)	Desgaste Inicial (%)	Desgaste Final (%)
Nº 4 4.76mm	100.00	98.30	0.00	1.70
Nº 8 2.38mm	100.00	95.70	0.00	4.30
Nº16 1.19mm	100.00	89.50	0.00	10.50
Nº 30 0.59mm	100.00	91.10	0.00	8.90
Nº 50 0.297mm	100.00	94.70	0.00	5.30
TOTAL	500.00	469.30	0.00	6.14

DESGASTE DEL AGREGADO GRUESO (%)	25.73
DESGASTE DEL AGREGADO FINO (%)	6.14

INGEOMAX

Ing. Maxwell Anthony Mirote Arias  
CIP Nº 132484  
ESPECIALISTA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS



# INGEOMAX

INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO  
ESPECIALISTAS EN SUELOS Y CONCRETO

## ABRASION LOS ANEGELES (L.A) AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS MENORES A 1 1/2" (MTC E 207-2000)

Proyecto : "RESISTENCIA DEL CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE  
AYACUCHO - 2016"

Solicitante	: LUIS ALFREDO CHAUCA ESCALANTE	Region	: AYACUCHO
Material	: EL PEDREGAL	Provincia	: HUANTA
	: GRAVA CHANCADA	Distrito	: HUANTA
Fecha	: MAYO DE 2016	Lugar	: COMPANIA

### Granulometria de la muestra del agregado para ensayo

Pasa Tamiz		Retenido Tamiz		A (12 esf) Peso (gr)	B (11 esf) Peso (gr)	C (8 esf) Peso (gr)	D (6 esf) Peso (gr)
1 1/2"	37.5mm	1"	25mm	1254.30			
1"	25mm	3/4"	19mm	1252.20			
3/4"	19mm	1/2"	12.5mm	1251.30			
1/2"	12.5mm	3/8"	9.5mm	1249.80			
3/8"	9.5mm	1/4"	6.3mm				
1/4"	6.3mm	Nº 4	4.75mm				
Nº 4	4.75mm	Nº 8	2.36mm				
TOTAL (gramos)				5,007.60	-	-	-

### Muestra despues del ensayo

Peso de la muestra despues del ensayo	4,204.0		
% de Desgaste	16.0		

INGEOMAX

.....  
Ing. Maxwell Anthony Morote Arias  
CIP N° 132454  
ESPECIALISTA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS



DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES  
Y COMUNICACIONES - AYACUCHO  
DIRECCION DE CAMINOS  
SDESLO

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

TESIS

: RESISTENCIA DEL CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE  
AYACUCHO - 2016

ROTURA DE PRUEBA : CONCRETO F'c = 210 KG/CM2 UBICACIÓN : Jr. Las casuarinas Mz C Lot N° 05  
ING° RESPONSABLE : JUAN DE DIOS MORALES AMAO. DISTRITO : AYACUCHO  
SOLICITANTE : LUIS ALFREDO CHAUCA ESCALANTE PROVINCIA : HUAMANGA  
ESTRUCTURA : LOSA ALIGERADA VIVIENDA N°01 DEPARTAMENTO : AYACUCHO  
FECHA : 27 /02/16

### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (f'c) NORMA MTC E-704-2000

N°	DISEÑO (f'c) (kg/cm2)	TESTIGO DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (DIAS)	PESO.VOLUM. (g/cm3)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm2)	CARGA (kg)	f'c (kg/cm2)	PORCENTAJE (%)
M-1	210	LOSA ALIGERADA	30/01/16	27/02/16	28	2,32	14,90	174,37	9.977,00	57,22	27,25
M-2	210	LOSA ALIGERADA	30/01/16	27/02/16	28	2,32	14,90	174,37	7.620,00	43,70	20,81

GOBIERNO REGIONAL - AYACUCHO  
DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES  
DIRECCION DE CAMINOS  
  
Ing. Juan de Dios Morales Amao  
Resp. de Laboratorio de Mecánica de Suelos y  
Ensayo de Materiales

NOTA : LAS MUESTRAS FUERON MUESTREADOS POR EL SOLICITANTE

RUMBO AL DESARROLLO DE NUESTRA REGION "TRABAJANDO PARA EL PUEBLO"

Jr. Moquegua N° 201 - Santa Elena - Ayacucho - Perú / Telefax DRTC 066 - 312523 / Telefono DC 066 - 312257 / CEL 066-966712333 / RPM # 809365



DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES  
Y COMUNICACIONES - AYACUCHO  
DIRECCION DE CAMINOS  
SDESLO

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**TESIS** : RESISTENCIA DEL CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE  
AYACUCHO - 2016

**ROTURA DE PRUEBA** : CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 **UBICACIÓN** : Jr. Artesanos Mz F Lot N° 11  
**ING° RESPONSABLE** : JUAN DE DIOS MORALES AMAO. **DISTRITO** : AYACUCHO  
**SOLICITANTE** : LUIS ALFREDO CHAUGA ESCALANTE **PROVINCIA** : HUAMANGA  
**ESTRUCTURA** : LOSA ALIGERADA VIVIENDA N°02 **DEPARTAMENTO** : AYACUCHO  
**FECHA** : 27 /02/16

### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (F'c) NORMA MTC E-704-2000

N°	DISEÑO (F'c) (kg/cm2)	TESTIGO DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (DIAS)	PESO.VOLUM. (g/cm3)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm2)	CARGA (kg)	F'c (kg/cm2)	PORCENTAJE (%)
M-1	210	LOSA ALIGERADA	30/01/16	27/02/16	28	2,32	15,00	176,71	27.932,80	158,07	75,27
M-2	210	LOSA ALIGERADA	30/01/16	27/02/16	28	2,32	15,00	176,71	26.665,30	150,89	71,85

GOBIERNO REGIONAL - AYACUCHO  
DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES  
DIRECCION DE CAMINOS

*Juan de Dios Morales Amao*  
B. Ing. Juan de Dios Morales Amao  
Resp. de Laboratorio de Mecánica de Suelos y  
Ensayo de Materiales

NOTA : LAS MUESTRAS FUERON MUESTREADOS POR EL SOLICITANTE

RUMBO AL DESARROLLO DE NUESTRA REGION "TRABAJANDO PARA EL PUEBLO"

Jr. Moquegua N° 201 - Santa Elena - Ayacucho - Perú / Telefax DRTC 066 - 312523 / Telefono DC 066 - 312257 / CEL 066-966712333 / RPM # 809365



DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES  
Y COMUNICACIONES - AYACUCHO  
DIRECCION DE CAMINOS  
SDESLO

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**TESIS** : RESISTENCIA DEL CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE AYACUCHO - 2016

**ROTURA DE PRUEBA** : CONCRETO  $f'c = 210$  KG/CM<sup>2</sup>      **UBICACIÓN** : Jr. Basilio auqui Mz L Lote N° 11

**ING° RESPONSABLE** : JUAN DE DIOS MORALES AMAO.      **DISTRITO** : AYACUCHO

**SOLICITANTE** : LUIS ALFREDO CHAUCA ESCALANTE      **PROVINCIA** : HUAMANGA

**ESTRUCTURA** : LOSA ALIGERADA VIVIENDA N°03      **DEPARTAMENTO** : AYACUCHO

**FECHA** : 27/02/16

### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO ( $f'c$ ) NORMA MTC E-704-2000

Nº	DISEÑO ( $f'c$ ) (kg/cm <sup>2</sup> )	TESTIGO DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (DIAS)	PESO.VOLUM. (g/cm <sup>3</sup> )	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	$f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	PORCENTAJE (%)
M-1	210	LOSA ALIGERADA	30/01/16	27/02/16	28	2,32	14,90	174,37	29.863,80	171,27	81,56
M-2	210	LOSA ALIGERADA	30/01/16	27/02/16	28	2,32	15,00	176,71	28.104,70	159,04	75,73

GOBIERNO REGIONAL - AYACUCHO  
DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES  
Dirección de Caminos

*Juan de Dios Morales Amao*  
B. Ing. Juan de Dios Morales Amao  
Resp. de Laboratorio de Mecánica de Suelos y  
Ensayo de Materiales

NOTA : LAS MUESTRAS FUERON MUESTREADOS POR EL SOLICITANTE

*RUMBO AL DESARROLLO DE NUESTRA REGION "TRABAJANDO PARA EL PUEBLO"*

Jr. Moquegua N° 201 - Santa Elena - Ayacucho - Perú / Telefax DRTC 066 - 312523 / Telefono DC 066 - 312257 / CEL 066-986712333 / RPM # 809365



DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES  
Y COMUNICACIONES - AYACUCHO  
DIRECCION DE CAMINOS  
SDESLO

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**TESIS** : RESISTENCIA DEL CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE AYACUCHO - 2016

**ROTURA DE PRUEBA** : CONCRETO F'C = 210 KG/CM2      **UBICACIÓN** : AA.HH. San Martin de Porres Mz LL Lot N° 02

**ING° RESPONSABLE** : JUAN DE DIOS MORALES AMAO.      **DISTRITO** : AYACUCHO

**SOLICITANTE** : LUIS ALFREDO CHAUCA ESCALANTE      **PROVINCIA** : HUAMANGA

**ESTRUCTURA** : LOSA ALIGERADA VIVIENDA N°04      **DEPARTAMENTO** : AYACUCHO

**FECHA** : 30 /03/16

### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO (f'c) NORMA MTC E-704-2000

N°	DISEÑO (f'c) (kg/cm2)	TESTIGO DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (DIAS)	PESO VOLUM. (g/cm3)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm2)	CARGA (kg)	f'c (kg/cm2)	PORCENTAJE (%)
M-1	210	LOSA ALIGERADA	04/02/16	03/03/16	28	2,32	15,00	176,71	42.100,00	238,24	113,45
M-2	210	LOSA ALIGERADA	04/02/16	03/03/16	28	2,32	14,90	174,37	38.000,00	217,93	103,78

GOBIERNO REGIONAL - AYACUCHO  
DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES  
DIRECCION DE CAMINOS

*Juan de Dios Morales Amao*  
B. Ing. Juan de Dios Morales Amao  
Resp. de Laboratorio de Mecánica de Suelos y  
Ensayo de Materiales

NOTA : LAS MUESTRAS FUERON MUESTREADOS POR EL SOLICITANTE

"RUMBO AL DESARROLLO DE NUESTRA REGION "TRABAJANDO PARA EL PUEBLO"  
Jr. Moquegua N° 201 - Santa Elena - Ayacucho - Perú / Telefax DRTC 066 - 312523 / Telefono DC 066 - 312257 / CEL 066-966712333 / RPM # 809365



DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES  
Y COMUNICACIONES - AYACUCHO  
DIRECCION DE CAMINOS  
SDESLO

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE  
AYACUCHO - 2016

ROTURA DE PRUEBA : CONCRETO F'c = 210 KG/CM2 UBICACIÓN  
ING° RESPONSABLE : JUAN DE DIOS MORALES AMAO. DISTRITO : AYACUCHO  
SOLICITANTE : LUIS ALFREDO CHAUCA ESCALANTE PROVINCIA : HUAMANGA  
ESTRUCTURA : LOSA ALIGERADA VIVIENDA N°05 DEPARTAMENTO : AYACUCHO  
FECHA : 04 /03/16

### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (F'c) NORMA MTC E-704-2000

N°	DISEÑO (F'c) (kg/cm2)	TESTIGO DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (DIAS)	PESO.VOLUM. (g/cm3)	DIÁMETRO. (cm)	ÁREA (cm2)	CARGA (kg)	F'c. (kg/cm2)	PORCENTAJE (%)
M-1	210	LOSA ALIGERADA	05/02/16	04/03/16	28	2,32	15,00	176,71	12.841,70	72,67	34,60
M-2	210	LOSA ALIGERADA	05/02/16	04/03/16	28	2,32	15,00	176,71	9.850,60	55,74	26,54

GOBIERNO REGIONAL - AYACUCHO  
DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES  
Dirección de Caminos  
*Juan de Dios Morales Amao*  
B. Ing. Juan de Dios Morales Amao  
Resp. de Laboratorio de Mecánica de Suelos y  
Ensayo de Materiales

NOTA : LAS MUESTRAS FUERON MUESTREADOS POR EL SOLICITANTE

RUMBO AL DESARROLLO DE NUESTRA REGION "TRABAJANDO PARA EL PUEBLO"

Jr. Moquegua N° 201 - Santa Elena - Ayacucho - Perú / Telefax DRTC 066 - 312523 / Telefono DC 066 - 312257 / CEL 066-966712333 / RPM # 809365



DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES  
Y COMUNICACIONES - AYACUCHO  
- DIRECCION DE CAMINOS  
SDESLO

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**TESIS** : RESISTENCIA DEL CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE AYACUCHO - 2016

**ROTURA DE PRUEBA** : CONCRETO F'c = 210 KG/CM2      **UBICACIÓN** : AA.HH. San Martín de Porres Mz F Lot N° 05

**ING° RESPONSABLE** : JUAN DE DIOS MORALES AMAO.      **DISTRITO** : AYACUCHO

**SOLICITANTE** : LUIS ALFREDO CHAUCA ESCALANTE      **PROVINCIA** : HUAMANGA

**ESTRUCTURA** : LOSA ALIGERADA VIVIENDA N°06      **DEPARTAMENTO** : AYACUCHO

**FECHA** : 04 /03/16

### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (f'c) NORMA MTC E-704-2000

N°	DISEÑO (f'c) (kg/cm2)	TESTIGO DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (DIAS)	PESO.VOLUM. (g/cm3)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm2)	CARGA (kg)	f'c (kg/cm2)	PORCENTAJE (%)
M-1	210	LOSA ALIGERADA	05/02/16	04/03/16	28	2,32	14,90	174,37	10.850,60	62,23	29,63
M-2	210	LOSA ALIGERADA	05/02/16	04/03/16	28	2,32	14,90	174,37	8.846,50	50,74	24,16

GOBIERNO REGIONAL - AYACUCHO  
DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES  
Dirección de Caminos

*Juan de Dios Morales Amao*  
B. Ing. Juan de Dios Morales Amao  
Resp. de Laboratorio de Mecánica de Suelos y  
Ensayo de Materiales

NOTA : LAS MUESTRAS FUERON MUESTREADOS POR EL SOLICITANTE

RUMBO AL DESARROLLO DE NUESTRA REGION "TRABAJANDO PARA EL PUEBLO"

Jr. Moquegua N° 201 - Santa Elena - Ayacucho - Perú / Telefax DRTC 066 - 312523 / Telefono DC 066 - 312257 / CEL 066-966712333 / RPM # 809365



DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES  
Y COMUNICACIONES - AYACUCHO  
DIRECCION DE CAMINOS  
SDESLO

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**TESIS** : RESISTENCIA DEL CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE AYACUCHO - 2016

**ROTURA DE PRUEBA** : CONCRETO F'C = 210 KG/CM2      **UBICACIÓN** : Urb. Los licenciados Mz F Lot N°18

**ING° RESPONSABLE** : JUAN DE DIOS MORALES AMAO.      **DISTRITO** : AYACUCHO

**SOLICITANTE** : LUIS ALFREDO CHAUCA ESCALANTE      **PROVINCIA** : HUAMANGA

**ESTRUCTURA** : LOSA ALIGERADA VIVIENDA N°07      **DEPARTAMENTO** : AYACUCHO

**FECHA** : 04 /03/16

### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (f'c) NORMA MTC E-704-2000

Nº	DISEÑO (f'c) (kg/cm2)	TESTIGO DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (DIAS)	PESO.VOLUM. (g/cm3)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm2)	CARGA (kg)	f'c (kg/cm2)	PORCENTAJE (%)
M-1	210	LOSA ALIGERADA	05/02/16	04/03/16	28	2,32	14,90	174,37	14.909,20	85,51	40,72
M-2	210	LOSA ALIGERADA	05/02/16	04/03/16	28	2,32	14,90	174,37	11.371,00	65,21	31,05

GOBIERNO REGIONAL - AYACUCHO  
DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES  
Dirección de Caminos

*Juan de Dios Morales Amao*  
B. Ing. Juan de Dios Morales Amao  
Resp. de Laboratorio de Mecánica de Suelos y  
Ensayo de Materiales

NOTA : LAS MUESTRAS FUERON MUESTREADOS POR EL SOLICITANTE

RUMBO AL DESARROLLO DE NUESTRA REGION "TRABAJANDO PARA EL PUEBLO"

Jr. Moquegua Nº 201 - Santa Elena - Ayacucho - Perú / Telefax DRTC 066 - 312523 / Telefono DC 066 - 312257 / CEL 066-966712333 / RPM # 809365



DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES  
Y COMUNICACIONES - AYACUCHO  
DIRECCION DE CAMINOS  
SDESLO

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES.

**TESIS** : RESISTENCIA DEL CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE  
AYACUCHO - 2016

**ROTURA DE PRUEBA** : CONCRETO  $f'c = 210$  KG/CM<sup>2</sup> **UBICACIÓN**  
**ING° RESPONSABLE** : JUAN DE DIOS MORALES AMAO. **DISTRITO** : AYACUCHO  
**SOLICITANTE** : LUIS ALFREDO CHAUCA ESCALANTE **PROVINCIA** : HUAMANGA  
**ESTRUCTURA** : LOSA ALIGERADA VIVIENDA N°08 **DEPARTAMENTO** : AYACUCHO  
**FECHA** : 12 /03/16

### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO ( $f'c$ ) NORMA MTC E-704-2000

N°	DISEÑO ( $f'c$ ) (kg/cm <sup>2</sup> )	TESTIGO DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (DIAS)	PESO VOLUM. (g/cm <sup>3</sup> )	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	$f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	PORCENTAJE (%)
M-1	210	LOSA ALIGERADA	13/02/16	12/03/16	28	2,32	15,00	176,71	38.450,00	217,58	103,61
M-2	210	LOSA ALIGERADA	13/02/16	12/03/16	28	2,32	15,00	176,71	34.895,00	197,47	94,03

GOBIERNO REGIONAL - AYACUCHO  
DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES  
Dirección de Caminos

B. Ing. Juan de Dios Morales Amao  
Resp. de Laboratorio de Mecánica de Suelos y  
Ensayo de Materiales

NOTA : LAS MUESTRAS FUERON MUESTREADOS POR EL SOLICITANTE

RUMBO AL DESARROLLO DE NUESTRA REGION "TRABAJANDO PARA EL PUEBLO"

Jr. Moquegua N° 201 - Santa Elena - Ayacucho - Perú / Telefax DRTC 066 - 312523 / Telefono DC 066 - 312257 / CEL 066-966712333 / RPM # 809365



DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES  
Y COMUNICACIONES - AYACUCHO  
DIRECCION DE CAMINOS  
SDESLO

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**TESIS** : RESISTENCIA DEL CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE AYACUCHO - 2016

**ROTURA DE PRUEBA** : CONCRETO  $f'c = 210$  KG/CM<sup>2</sup>      **UBICACIÓN** : Jr Quijano Mendivel Mz D Lote N°28

**ING° RESPONSABLE** : JUAN DE DIOS MORALES AMAO.      **DISTRITO** : AYACUCHO

**SOLICITANTE** : LUIS ALFREDO CHAUCA ESCALANTE      **PROVINCIA** : HUAMANGA

**ESTRUCTURA** : LOSA ALIGERADA VIVIENDA N°09      **DEPARTAMENTO** : AYACUCHO

**FECHA** : 12 /03/16

### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO ( $f'c$ ) NORMA MTC E-704-2000

N°	DISEÑO ( $f'c$ ) (kg/cm <sup>2</sup> )	TESTIGO DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (DIAS)	PESO.VOLUM. (g/cm <sup>3</sup> )	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	$f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	PORCENTAJE (%)
M-1	210	LOSA ALIGERADA	13/02/16	12/03/16	28	2,32	14,90	174,37	29.446,00	168,87	80,42
M-2	210	LOSA ALIGERADA	13/02/16	12/03/16	28	2,32	14,90	174,37	22.907,90	131,38	62,56

GOBIERNO REGIONAL - AYACUCHO  
DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES  
Dirección de Caminos

  
B. Ing. Juan de Dios Morales Amao  
Resp. de Laboratorio de Mecánica de Suelos y  
Ensayo de Materiales

NOTA : LAS MUESTRAS FUERON MUESTREADOS POR EL SOLICITANTE

RUMBO AL DESARROLLO DE NUESTRA REGION "TRABAJANDO PARA EL PUEBLO"

Jr. Moquegua N° 201 - Santa Elena - Ayacucho - Perú / Telefax DRTC 066 - 312523 / Telefono DC 066 - 312257 / CEL 066-966712333 / RPM # 809365



DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES  
Y COMUNICACIONES - AYACUCHO  
DIRECCION DE CAMINOS  
SDESLO

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

TESIS

: RESISTENCIA DEL CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE  
AYACUCHO - 2016

ROTURA DE PRUEBA : CONCRETO  $f'c = 210$  KG/CM<sup>2</sup> UBICACIÓN : Jr. 29 de Junio Mz G Lot N° 15  
ING° RESPONSABLE : JUAN DE DIOS MORALES AMAO. DISTRITO : AYACUCHO  
SOLICITANTE : LUIS ALFREDO CHAUCA ESCALANTE PROVINCIA : HUAMANGA  
ESTRUCTURA : LOSA ALIGERADA VIVIENDA N°10 DEPARTAMENTO : AYACUCHO  
FECHA : 12 /03/16

### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO ( $f'c$ ) NORMA MTC E-704-2000

N°	DISEÑO ( $f'c$ ) (kg/cm <sup>2</sup> )	TESTIGO DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (DIAS)	PESO VOLUM. (g/cm <sup>3</sup> )	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	$f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	PORCENTAJE (%)
M-1	210	LOSA ALIGERADA	13/02/16	12/03/16	28	2,32	14,90	174,37	9.285,12	53,25	25,36
M-2	210	LOSA ALIGERADA	13/02/16	12/03/16	28	2,32	14,90	174,37	8.180,30	46,91	22,34

GOBIERNO REGIONAL - AYACUCHO  
DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES  
DIRECCION DE CAMINOS  
*Juan de Dios Morales Amao*  
J. de Dios Morales Amao  
Resp. de Laboratorio de Mecánica de Suelos y  
Ensayo de Materiales

NOTA : LAS MUESTRAS FUERON MUESTREADOS POR EL SOLICITANTE

RUMBO AL DESARROLLO DE NUESTRA REGION "TRABAJANDO PARA EL PUEBLO"

Jr. Moquegua N° 201 - Santa Elena - Ayacucho - Perú / Telefax DRTC 066 - 312523 / Telefono DC 066 - 312257 / CEL 066-966712333 / RPM # 809365



DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES  
Y COMUNICACIONES - AYACUCHO  
DIRECCION DE CAMINOS  
SDESLO

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**TESIS** : RESISTENCIA DEL CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE AYACUCHO - 2016

**ROTURA DE PRUEBA** : CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 **UBICACIÓN** : Jr Quijano Mendivel Mz L Lote N°16  
**ING° RESPONSABLE** : JUAN DE DIOS MORALES AMAO. **DISTRITO** : AYACUCHO  
**SOLICITANTE** : LUIS ALFREDO CHAUCA ESCALANTE **PROVINCIA** : HUAMANGA  
**ESTRUCTURA** : LOSA ALIGERADA VIVIENDA N°11 **DEPARTAMENTO** : AYACUCHO  
**FECHA** : 18 /03/16

### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (f'c) NORMA MTC E-704-2000

Nº	DISEÑO (f'c) (kg/cm2)	TESTIGO DESCRIP.	FECHA DE VAGEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (DIAS)	PESO.VOLUM. (g/cm3)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm2)	CARGA (kg)	f'c. (kg/cm2)	PORCENTAJE (%)
M-1	210	LOSA ALIGERADA	19/02/16	18/03/16	28	2,32	15,00	176,71	20.030,50	113,35	53,98
M-2	210	LOSA ALIGERADA	19/02/16	18/03/16	28	2,32	15,00	176,71	17.206,20	97,37	46,37

GOBIERNO REGIONAL - AYACUCHO  
DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES  
DIRECCION DE CAMINOS

*Juan de Dios Morales Amao*  
B./ Ing. Juan de Dios Morales Amao  
Resp. de Laboratorio de Mecánica de Suelos y  
Ensayo de Materiales

NOTA : LAS MUESTRAS FUERON MUESTREADOS POR EL SOLICITANTE

RUMBO AL DESARROLLO DE NUESTRA REGION "TRABAJANDO PARA EL PUEBLO"

Jr. Moquegua N° 201 - Santa Elena - Ayacucho - Perú / Telefax DRTC 066 - 312523 / Telefono DC 066 - 312257 / CEL 066-966712333 / RPM # 809365



DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES  
Y COMUNICACIONES - AYACUCHO  
DIRECCION DE CAMINOS  
SDESLO

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**TESIS** : RESISTENCIA DEL CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE  
AYACUCHO - 2016

**ROTURA DE PRUEBA** : CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 **UBICACIÓN** : Jr. 29 de Marzo Mz E Lot N°36  
**ING° RESPONSABLE** : JUAN DE DIOS MORALES AMAO. **DISTRITO** : AYACUCHO  
**SOLICITANTE** : LUIS ALFREDO CHAUCA ESCALANTE **PROVINCIA** : HUAMANGA  
**ESTRUCTURA** : LOSA ALIGERADA VIVIENDA N°12 **DEPARTAMENTO** : AYACUCHO  
**FECHA** : 19 /03/16

### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (f'c) NORMA MTC E-704-2000

Nº	DISEÑO (f'c) (kg/cm2)	TESTIGO DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (DIAS)	PESO VOLUM. (g/cm3)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm2)	CARGA (kg)	f'c (kg/cm2)	PORCENTAJE (%)
M-1	210	LOSA ALIGERADA	20/02/16	19/03/16	28	2,32	14,90	174,37	41.084,50	235,62	112,20
M-2	210	LOSA ALIGERADA	20/02/16	19/03/16	28	2,32	14,90	174,37	35.366,60	202,83	96,59

GOBIERNO REGIONAL - AYACUCHO  
DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES  
Direccion de Caminos  
  
B. Ing. Juan de Dios Morales Amao  
Resp. de Laboratorio de Mecánica de Suelos y  
Ensayo de Materiales

NOTA : LAS MUESTRAS FUERON MUESTREADOS POR EL SOLICITANTE

RUMBO AL DESARROLLO DE NUESTRA REGION "TRABAJANDO PARA EL PUEBLO"  
Jr. Moquegua N° 201 - Santa Elena - Ayacucho - Perú / Telefax DRTC 066 - 312523 / Telefono DC 066 - 312257 / CEL 066-966712333 / RPM # 809365



DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES  
Y COMUNICACIONES - AYACUCHO  
DIRECCION DE CAMINOS  
SDESLO

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**TESIS** : RESISTENCIA DEL CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE AYACUCHO - 2016

**ROTURA DE PRUEBA** : CONCRETO F'c = 210 KG/CM2      **UBICACIÓN** : Asoc. San Felipe Mz C Lot N°16

**ING° RESPONSABLE** : JUAN DE DIOS MORALES AMAO.      **DISTRITO** : AYACUCHO

**SOLICITANTE** : LUIS ALFREDO CHAUCA ESCALANTE      **PROVINCIA** : HUAMANGA

**ESTRUCTURA** : LOSA ALIGERADA VIVIENDA N°13      **DEPARTAMENTO** : AYACUCHO

**FECHA** : 19 /03/16

### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (f<sub>c</sub>) NORMA MTC E-704-2000

N°	DISEÑO (f <sub>c</sub> ) (kg/cm <sup>2</sup> )	TESTIGO. DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (DIAS)	PESO VOLUM. (g/cm <sup>3</sup> )	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	PORCENTAJE (%)
M-1	210	LOSA ALIGERADA	20/02/16	19/03/16	28	2,32	15,00	176,71	31.836,00	180,15	85,79
M-2	210	LOSA ALIGERADA	20/02/16	19/03/16	28	2,32	14,90	174,37	29.907,60	171,52	81,68

GOBIERNO REGIONAL - AYACUCHO  
DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES  
DIRECCION DE CAMINOS  
*Juan de Dios Morales Amao*  
B. / Ing. Juan de Dios Morales Amao  
Resp. de Laboratorio de Mecánica de Suelos y  
Ensayo de Materiales

NOTA : LAS MUESTRAS FUERON MUESTREADOS POR EL SOLICITANTE

RUMBO AL DESARROLLO DE NUESTRA REGION "TRABAJANDO PARA EL PUEBLO"

Jr. Moquegua N° 201 - Santa Elena - Ayacucho - Perú / Telefax DRTC 066 - 312523 / Telefono DC 066 - 312257 / CEL 066-966712333 / RPM # 809365



DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES  
Y COMUNICACIONES - AYACUCHO  
DIRECCION DE CAMINOS  
SDESLO

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**TESIS** : RESISTENCIA DEL CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE AYACUCHO - 2016

**ROTURA DE PRUEBA** : CONCRETO  $f'c = 210 \text{ KG/CM}^2$  **UBICACIÓN** : Jr. Malecon Condorcunca N°115

**ING° RESPONSABLE** : JUAN DE DIOS MORALES AMAO. **DISTRITO** : AYACUCHO

**SOLICITANTE** : LUIS ALFREDO CHAUCA ESCALANTE **PROVINCIA** : HUAMANGA

**ESTRUCTURA** : LOSA ALIGERADA VIVIENDA N°14 **DEPARTAMENTO** : AYACUCHO

**FECHA** : 26 /03/16

### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO ( $f'c$ ) NORMA MTC E-704-2000

N°	DISEÑO ( $f'c$ ) (kg/cm <sup>2</sup> )	TESTIGO. DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (DIAS)	PESO.VOLUM. (g/cm <sup>3</sup> )	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	$f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	PORCENTAJE (%)
M-1	210	LOSA ALIGERADA	27/02/16	26/03/16	28	2,32	15,00	176,71	10.823,00	61,25	29,16
M-2	210	LOSA ALIGERADA	27/02/16	26/03/16	28	2,32	15,00	176,71	7.900,50	44,71	21,29

GOBIERNO REGIONAL - AYACUCHO  
DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES  
DIRECCION DE CAMINOS

D. Ing. Juan de Dios Morales Amao  
Resp. de Laboratorio de Mecánica de Suelos y  
Ensayo de Materiales

NOTA : LAS MUESTRAS FUERON MUESTREADOS POR EL SOLICITANTE

RUMBO AL DESARROLLO DE NUESTRA REGION "TRABAJANDO PARA EL PUEBLO"

Jr. Moquegua N° 201 - Santa Elena - Ayacucho - Perú / Telefax DRTC 066 - 312523 / Telefono DC 066 - 312257 / CEL 066-966712333 / RPM # 809365



DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES  
Y COMUNICACIONES - AYACUCHO  
DIRECCION DE CAMINOS  
SDESLO

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**TESIS** : RESISTENCIA DEL CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE AYACUCHO - 2016

**ROTURA DE PRUEBA** : CONCRETO F'C = 210 KG/CM2      **UBICACIÓN** : AA. HH. Covadonga Mz I Lot N°04

**ING° RESPONSABLE** : JUAN DE DIOS MORALES AMAO.      **DISTRITO** : AYACUCHO

**SOLICITANTE** : LUIS ALFREDO CHAUCA ESCALANTE      **PROVINCIA** : HUAMANGA

**ESTRUCTURA** : LOSA ALIGERADA VIVIENDA N°15      **DEPARTAMENTO** : AYACUCHO

**FECHA** : 26 /03/16

### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (f'c) NORMA MTC E-704-2000

Nº	DISEÑO (f'c) (kg/cm2)	TESTIGO DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (DIAS)	PESO VOLUM. (g/cm3)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm2)	CARGA (kg)	f'c (kg/cm2)	PORCENTAJE (%)
M-1	210	LOSA ALIGERADA	27/02/16	26/03/16	28	2,32	15,00	176,71	12.610,00	71,36	33,98
M-2	210	LOSA ALIGERADA	27/02/16	26/03/16	28	2,32	14,90	174,37	8.560,30	49,09	23,38

GOBIERNO REGIONAL - AYACUCHO  
DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES  
Dirección de Caminos

*Juan de Dios Morales Amao*  
B. Ing. Juan de Dios Morales Amao  
Resp. de Laboratorio de Mecánica de Suelos y  
Ensayo de Materiales

NOTA : LAS MUESTRAS FUERON MUESTREADOS POR EL SOLICITANTE

RUMBO AL DESARROLLO DE NUESTRA REGION "TRABAJANDO PARA EL PUEBLO"

Jr. Moquegua N° 201 - Santa Elena - Ayacucho - Perú / Telefax DRTC 066 - 312523 / Telefono DC 066 - 312257 / CEL 066-966712333 / RPM # 809365



DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES  
Y COMUNICACIONES - AYACUCHO  
DIRECCION DE CAMINOS  
SOESLO

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**TESIS** : RESISTENCIA DEL CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE AYACUCHO - 2016

**ROTURA DE PRUEBA** : CONCRETO  $f'c = 210$  KG/CM<sup>2</sup>      **UBICACIÓN** : Jr. Artesanos Mz T Lote N°04

**ING° RESPONSABLE** : JUAN DE DIOS MORALES AMAO.      **DISTRITO** : AYACUCHO

**SOLICITANTE** : LUIS ALFREDO CHAUCA ESCALANTE      **PROVINCIA** : HUAMANGA

**ESTRUCTURA** : LOSA ALIGERADA VIVIENDA N°16      **DEPARTAMENTO** : AYACUCHO

**FECHA** : 26 /03/16

### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO ( $f'c$ ) NORMA MTC E-704-2000

N°	DISEÑO ( $f'c$ ) (kg/cm <sup>2</sup> )	TESTIGO DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (DIAS)	PESO.VOLUM. (g/cm <sup>3</sup> )	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	$f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	PORCENTAJE (%)
M-1	210	LOSA ALIGERADA	27/02/16	26/03/16	28	2,32	14,90	174,37	9.720,60	55,75	26,55
M-2	210	LOSA ALIGERADA	27/02/16	26/03/16	28	2,32	14,90	174,37	7.845,50	44,99	21,43

GOBIERNO REGIONAL - AYACUCHO  
DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES  
Dirección de Caminos

*Juan de Dios Morales Amao*  
B. Ing. Juan de Dios Morales Amao  
Resp. de Laboratorio de Mecánica de Suelos y  
Ensayo de Materiales

NOTA : LAS MUESTRAS FUERON MUESTREADOS POR EL SOLICITANTE

RUMBO AL DESARROLLO DE NUESTRA REGION "TRABAJANDO PARA EL PUEBLO"

Jr. Moquegua N° 201 - Santa Elena - Ayacucho - Perú / Telefax DRTC 066 - 312523 / Telefono DC 066 - 312257 / CEL 066-966712333 / RPM # 809365



DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES  
Y COMUNICACIONES - AYACUCHO  
DIRECCION DE CAMINOS  
SDESLO

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**TESIS** : RESISTENCIA DEL CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE AYACUCHO - 2016

**ROTURA DE PRUEBA** : CONCRETO  $f'c = 210$  KG/CM<sup>2</sup> **UBICACIÓN** : Asoc. San Felipe Mz A Lot N°05

**ING° RESPONSABLE** : JUAN DE DIOS MORALES AMAO. **DISTRITO** : AYACUCHO

**SOLICITANTE** : LUIS ALFREDO CHAUCA ESCALANTE **PROVINCIA** : HUAMANGA

**ESTRUCTURA** : LOSA ALIGERADA VIVIENDA N°17 **DEPARTAMENTO** : AYACUCHO

**FECHA** : 02 /04/16

### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO ( $f'c$ ) NORMA MTC E-704-2000

N°	DISEÑO ( $f'c$ ) (kg/cm <sup>2</sup> )	TESTIGO DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (DIAS)	PESO VOLUM. (g/cm <sup>3</sup> )	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	$f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	PORCENTAJE (%)
M-1	210	LOSA ALIGERADA	05/03/16	02/04/16	28	2,32	15,00	176,71	17.844,20	100,98	48,08
M-2	210	LOSA ALIGERADA	05/03/16	02/04/16	28	2,32	15,00	176,71	14.657,40	82,94	39,50

GOBIERNO REGIONAL - AYACUCHO  
DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES  
Direccion de Caminos  
  
B. Ing. Juan de Dios Morales Amao  
Resp. de Laboratorio de Mecánica de Suelos y  
Ensayo de Materiales

NOTA : LAS MUESTRAS FUERON MUESTREADOS POR EL SOLICITANTE

**RUMBO AL DESARROLLO DE NUESTRA REGION "TRABAJANDO PARA EL PUEBLO"**

Jr. Moquegua N° 201 - Santa Elena - Ayacucho - Perú / Telefax DRTC 066 - 312523 / Telefono DC 066 - 312257 / CEL 066-966712333 / RPM # 809365



DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES  
Y COMUNICACIONES - AYACUCHO  
DIRECCION DE CAMINOS  
SDESLO

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

TESIS

: RESISTENCIA DEL CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE  
AYACUCHO - 2016

ROTURA DE PRUEBA : CONCRETO F'c = 210 KG/CM2 UBICACIÓN : Jr. Quijano mendivel Mz E Lot N°11  
ING° RESPONSABLE : JUAN DE DIOS MORALES AMAO. DISTRITO : AYACUCHO  
SOLICITANTE : LUIS ALFREDO CHAUCA ESCALANTE PROVINCIA : HUAMANGA  
ESTRUCTURA : LOSA ALIGERADA VIVIENDA N°18 DEPARTAMENTO : AYACUCHO  
FECHA : 02 /04/16

### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (f'c) NORMA MTC E-704-2000

N°	DISEÑO (f'c) (kg/cm2)	TESTIGO DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (DIAS)	PESO VOLUM. (g/cm3)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm2)	CARGA (kg)	f'c (kg/cm2)	PORCENTAJE (%)
M-1	210	LOSA ALIGERADA	05/03/16	02/04/16	28	2,32	15,00	176,71	15.625,50	88,42	42,11
M-2	210	LOSA ALIGERADA	05/03/16	02/04/16	28	2,32	15,00	176,71	10.820,50	61,23	29,16

GOBIERNO REGIONAL - AYACUCHO  
DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES  
Dirección de Caminos

D. Ing. Juan de Dios Morales Amao  
Resp. de Laboratorio de Mecánica de Suelos y  
Ensayo de Materiales

NOTA : LAS MUESTRAS FUERON MUESTREADOS POR EL SOLICITANTE

RUMBO AL DESARROLLO DE NUESTRA REGION "TRABAJANDO PARA EL PUEBLO"

Jr. Moquegua N° 201 - Santa Elena - Ayacucho - Perú / Telefax DRTC 066 - 312523 / Telefono DC 066 - 312257 / CEL 066-966712333 / RPM # 809365



DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES  
Y COMUNICACIONES - AYACUCHO  
DIRECCION DE CAMINOS  
SDESLO

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE  
AYACUCHO - 2016

ROTURA DE PRUEBA : CONCRETO  $f'c = 210$  KG/CM<sup>2</sup> UBICACIÓN Urb. Los licenciados Mz LL Lote N°15  
ING° RESPONSABLE : JUAN DE DIOS MORALES AMAO. DISTRITO : AYACUCHO  
SOLICITANTE : LUIS ALFREDO CHAUCA ESCALANTE PROVINCIA : HUAMANGA  
ESTRUCTURA : LOSA ALIGERADA VIVIENDA N°19 DEPARTAMENTO : AYACUCHO  
FECHA : 09 /04/16

### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO ( $f'c$ ) NORMA MTC E-704-2000

N°	DISEÑO ( $f'c$ ) (kg/cm <sup>2</sup> )	TESTIGO DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (DIAS)	PESO.VOLUM. (g/cm <sup>3</sup> )	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	$f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	PORCENTAJE (%)
M-1	210	LOSA ALIGERADA	12/03/16	09/04/16	28	2,32	15,00	176,71	25.411,10	143,80	68,47
M-2	210	LOSA ALIGERADA	12/03/16	09/04/16	28	2,32	14,90	174,37	20.718,30	118,82	56,58

GOBIERNO REGIONAL - AYACUCHO  
DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES  
Dirección de Caminos

*Juan de Dios Morales Amao*  
Ing. Juan de Dios Morales Amao  
Resp. de Laboratorio de Mecánica de Suelos y  
Ensayo de Materiales

NOTA : LAS MUESTRAS FUERON MUESTREADOS POR EL SOLICITANTE

RUMBO AL DESARROLLO DE NUESTRA REGION "TRABAJANDO PARA EL PUEBLO"

Jr. Moquegua N° 201 - Santa Elena - Ayacucho - Perú / Telefax DRTC 066 - 312523 / Telefono DC 066 - 312257 / CEL 066-988712333 / RPM # 809365



DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES  
Y COMUNICACIONES - AYACUCHO  
DIRECCION DE CAMINOS  
SDESLO

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**TESIS** : RESISTENCIA DEL CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE AYACUCHO - 2016

**ROTURA DE PRUEBA** : CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 **UBICACIÓN** Urb. Los licenciados Mz c Lote N°07

**ING° RESPONSABLE** : JUAN DE DIOS MORALES AMAO. **DISTRITO** : AYACUCHO

**SOLICITANTE** : LUIS ALFREDO CHAUCA ESCALANTE **PROVINCIA** : HUAMANGA

**ESTRUCTURA** : LOSA ALIGERADA VIVIENDA N°20 **DEPARTAMENTO** : AYACUCHO

**FECHA** : 09 /04/16

### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (f<sub>c</sub>) NORMA MTC E-704-2000

N°	DISEÑO (f <sub>c</sub> ) (kg/cm <sup>2</sup> )	TESTIGO DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (DIAS)	PESO VOLUM. (g/cm <sup>3</sup> )	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	PORCENTAJE (%)
M-1	210	LOSA ALIGERADA	12/03/16	09/04/16	28	2,32	15,00	176,71	20.390,00	115,38	54,94
M-2	210	LOSA ALIGERADA	12/03/16	09/04/16	28	2,32	14,90	174,37	14.334,00	82,21	39,15

GOBIERNO REGIONAL - AYACUCHO  
DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES  
Dirección de Caminos

*Juan de Dios Morales Amao*  
B. Ing. Juan de Dios Morales Amao  
Resp. de Laboratorio de Mecánica de Suelos y  
Ensayo de Materiales

NOTA : LAS MUESTRAS FUERON MUESTREADOS POR EL SOLICITANTE

RUMBO AL DESARROLLO DE NUESTRA REGION "TRABAJANDO PARA EL PUEBLO"

Jr. Moquegua N° 201 - Santa Elena - Ayacucho - Perú / Telefax DRTC 066 - 312523 / Telefono DC 066 - 312257 / CEL 066-966712333 / RPM # 809365

**PANEL FOTOGRAFICO DE ANALISIS GRANULOMETRICO  
DEL AGREGADO**



**Foto 1:** *Cantera de producción de agregados (gruesos y finos)*



**Foto 2:** *Modo de producción de agregados gruesos (piedra chancada)*



**Foto 3:** *Modo de producción de agregado fino (arena)*



**Foto 4:** *Toma de muestra de agregado fino (arena) en las canteras mismas*



**Foto 5;** Toma de muestra del agregado grueso (piedra chancada en las canteras mismas)



**Foto 6:** Análisis granulométrico de la piedra chancada con mallas 1 ½", 1", ¾", ½", 3/8", N°4



**Foto 7:** Análisis granulométrico del agregado fino (arena) con mallas N° 4; 8, 16; 30; 50; 100 y 200



**Foto 8:** Peso unitario suelto del agregado fino (arena)



**Foto 9:** *Peso unitario compactado del agregado fino (arena)*



**Foto 10:** *Peso unitario suelto de la piedra chancada*



**Foto 11:** *Peso unitario compactado de la piedra chancada*



**Foto 12:** *Prueba de peso específico y absorción de agregado fino y grueso*



**Foto 13:** *Peso específico y absorción del agregado grueso*



**Foto 14:** *Secado y su posterior pesado del agregado grueso y fino*



**Foto 15:** *Pesado de agregado fino para prueba de resistencia a sulfato de sodio*



**Foto 16:** *Pesado de las gravas para para prueba de resistencia a sulfato de sodio*



**Foto 17:** Muestras de agregados grueso sometidos a resistencia con sulfato de sodio



**Foto 18:** Muestras de agregado fino sometido a resistencia con sulfato de sodio



**Foto 19:** Prueba de resistencia del agregado grueso y su tamizado con malla N°12



**Foto 20:** Tamizado de la prueba de resistencia al desgaste del agregado grueso y su posterior pesado



**Foto 21:** Prueba de equivalente arena del agregado fino (arena)



**Foto 22:** Resultados de la prueba equivalente arena

**PANEL FOTOGRAFICO DE TOMA DE MUESTRAS Y  
RESISTENCIA DEL CONCRETO**



**Foto 1:** *Materiales empleados en la toma de muestras de concretos (15cm x 30cm)*



**Foto 2:** *Toma de muestra de concreto de losas aligerada de vivienda N° 1*



**Foto 3:** *Transporte del concreto con uso de wincha y sin uso de compactación*



**Foto 4:** *Toma de muestra de concreto en losa aligerada de vivienda N° 2*



**Foto 5;** Transporte de concreto en baldes y dosificación de la mezcla con palas en forma artesanal y tradicional en vivienda N° 2



**Foto 6:** Toma de muestra de concreto en vivienda N° 3, dosificación de mezcla con palas y transporte en baldes



**Foto 7:** *Desencofrado y recolección de muestras para su proceso de curado en laboratorio y en campo*



**Foto 8:** *Toma de muestra de concreto de losa aligerada en vivienda N° 4*



**Foto 9:** *Dosificación de la mezcla con palas, transporte con wincha y sin uso de compactación*



**Foto 10:** *Toma de muestra de concreto en losa de vivienda N° 5*



**Foto 11:** *Dosificación de mezcla con palas y transporte en carretilla en vivienda N° 5*



**Foto 12:** *Vivienda N° 6, utilizando wincha para el transporte del concreto y sin uso de compactación*



**Foto 13:** *Dosificación de mezcla a palas y estado plástico del concreto y transporte en baldes en vivienda N° 7*



**Foto 14:** *Vaceado con concreto en losa de vivienda N° 7; observando mucha exudación*



**Foto 15:** Toma de muestra de concreto en losas de vivienda N° 8



**Foto 16:** Dosificación de la mezcla con palas, transporte con wincha y sin compactación en vivienda N° 8



**Foto 17:** Toma de muestra de concreto en losa aligerada de vivienda N° 9



**Foto 18:** Utilización de wincha para transporte y sin compactación en vivienda N° 9



**Foto 19:** Toma de muestra de concreto en losa aligera de vivienda N° 10



**Foto 20:** Dosificación de la mezcla con palas, transporte en baldes y sin compactación en vivienda N° 10



**Foto 21:** Toma de muestra de concreto en losa de vivienda N° 11



**Foto 22:** Dosificación de mezcla con pala, transporte en baldes y sin compactación en vivienda N° 11



**Foto 23;** Toma de muestra de concreto en losa de vivienda N° 12



**Foto 24:** Dosificación de mezcla con pala, transporte con wincha y uso de compactación en vivienda N° 12



**Foto 25:** Toma de muestra de concreto en losa de vivienda N° 13



**Foto 26:** Dosificación de la mezcla con palas, transporte en baldes y sin compactación en vivienda N° 13



**Foto 27:** Toma de muestra de concreto en losa de vivienda N° 14



**Foto 28:** Dosificación de la mezcla con pala, transporte en baldes y sin compactación de la vivienda N° 14



**Foto 29:** Toma de muestra de concreto en losa de vivienda N° 15



**Foto 30;** Dosificación de mezcla con palas, transporte en baldes y sin uso de compactación en vivienda N° 15



**Foto 31:** Toma de muestra de concreto en losa de vivienda N° 16



**Foto 32:** Dosificación de mezcla con palas, transporte con wincha y sin uso de compactación en vivienda N° 16



**Foto 33:** Toma de muestra de concreto en losa de vivienda N° 17



**Foto 34:** Dosificación de mezcla con palas, transporte con wincha y sin uso de compactación en vivienda N° 17



**Foto 35:** Toma de muestra de concreto en losa de vivienda N° 18



**Foto 36:** Dosificación de mezcla con palas, transporte con wincha y sin uso de compactación en vivienda N° 18



**Foto 37:** Vaciado con concreto en losa de vivienda N° 19; observando el transporte con uso de wincha y sin uso de compactación



**Foto 38:** Control de las dimensiones de la muestra (diámetro y longitud), para determinar la relación D/H



**Foto 39:** Control del peso de cada muestra de concreto



**Foto 40:** Control del peso de la muestra de concreto en el laboratorio



**Foto 41:** Rotura de las tres primeras pruebas a compresión a los 28 días



**Foto 42:** Tipos de fallas a compresión de las muestras obtenidas



**Foto 43:** Tipo de falla a compresión de la muestra N° 1



**Foto 44:** Tipos de fallas de dos muestra a compresión de vivienda N° 2



**Foto 45.** Rotura de muestras de concreto de losas de viviendas segundo lote a los 28 días



**Foto 46:** Procedimiento de rotura de las muestras de testigos segundo lote



**Foto 47:** Análisis de rotura de las muestras del segundo lote junto con el ingeniero responsable del laboratorio



**Foto 48:** Rotura de muestras de testigo a compresión de losas aligeradas de viviendas, tercer lote



**Foto 49:** Procedimiento de rotura de muestras del tercer lote de losas aligeradas de viviendas



**Foto 50:** Análisis de rotura de las muestras del tercer lote



**Foto 51:** Rotura de muestras de concreto a compresión del cuarto lote



**Foto 52:** Rotura de muestras de testigo a compresión del cuarto lote

---

**NORMA TÉCNICA  
PERUANA**

---

**NTP 400.037  
2002**

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI  
Calle de La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

---

**AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para  
agregados en hormigón (concreto)**

**AGGREGATES. Standard specification for concrete aggregates**

**2002-02-14  
2ª Edición**

R.0013-2002/INDECOPI-CRT. Publicada el 2002-02-27

Precio basado en 14 páginas

I.C.S.: 91.100.30

**ESTA NORMA ES RECOMENDABLE**

Descriptores: Agregados, hormigón, requisitos

## ÍNDICE

	<b>página</b>
ÍNDICE	i
PREFACIO	ii
1. OBJETO	1
2. REFERENCIAS NORMATIVAS	1
3. CAMPO DE APLICACIÓN	5
4. DEFINICIONES	5
5. CONDICIONES GENERALES	7
6. REQUISITOS	7
7. INSPECCIÓN Y RECEPCIÓN	12
8. MÉTODOS DE ENSAYO	12
9. ANTECEDENTES	12
ANEXO A	13
ANEXO B	14

## PREFACIO

### A. RESEÑA HISTÓRICA

A.1 La presente Norma Técnica Peruana fue elaborada por el Comité Técnico de Normalización de Agregados, Hormigón (Concreto), Hormigón Armado y Hormigón Pretensado, mediante el Sistema 2 u Ordinario, durante los meses de enero del 2000 a agosto del 2001, utilizó como antecedente a los mencionados en el capítulo correspondiente.

A.2 El Comité Técnico de Normalización de Agregados, Hormigón (Concreto), Hormigón Armado y Hormigón Pretensado presentó a la Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales –CRT, con fecha 2001-10-12, el PNTP 400.037:2001, para su revisión y aprobación; siendo sometido a la etapa de Discusión Pública el 2001-12-14. No habiéndose presentado ninguna observación, fue oficializado como Norma Técnica Peruana **NTP 400.037:2002 AGREGADOS. Especificaciones estándar para agregados en hormigón (concreto)**, 2ª Edición, el 27 de febrero del 2002.

A.3 Esta Norma Técnica Peruana reemplaza a la NTP 400.037:1988. La presente Norma Técnica Peruana ha sido estructurada de acuerdo a las Guías Peruanas GP 001:1995 y GP 002:1995.

### B. INSTITUCIONES QUE PARTICIPARON EN LA ELABORACIÓN DE LA NORMA TÉCNICA PERUANA

Secretaría	SERVICIO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN, CAPACITACIÓN E INVESTIGACIÓN PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN- SENCICO
Presidente	Carlos Pérez Bardález
Secretaria	Vanna Guffanti Parra

<b>ENTIDAD</b>	<b>REPRESENTANTE</b>
UNICON	ENRIQUE PASQUEL
SIDERPERÚ S.A.A.	ARMANDO KUYENG MANUEL ESPINOZA
DURACRETO S.A	FRANCISCO GÓMEZ DE LA TORRE
ACEROS AREQUIPA S.A.	VICTOR GRANADOS
ETERNIT	MAURO QUEZADA
QUÍMICA SUIZA S.A.	MILAN PEJNOVIC
CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.	ROSAURA VÁSQUEZ
COSAPI	JAVIER MARTÍN ARRANZ
MTCVC	CÉSAR MANRIQUE
INFES	PEDRO MORALES
INADE	AUGUSTO PEHOVAZ S.
INVERMET	GUILLERMO VIVANCO
ASOCEM	MANUEL GONZALES DE LA COTERA
ARPL TECNOLOGÍA INDUSTRIAL S.A.	WILFREDO QUINTANA
CIP-CAPÍTULO DE CIVILES	ANA BIONDI
UNI	ANA TORRE RAFAEL CACHAY
URP	GONZALO LUQUE
SENCICO	CARLOS PÉREZ VANNA GUFFANTI

—0000000—

# AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en hormigón (concreto)

## 1. OBJETO

La presente Norma Técnica Peruana establece los requisitos de gradación (granulometría) y calidad de los agregados fino y grueso para uso en hormigón (concreto) de peso normal.

Esta Norma Técnica Peruana se considera adecuado para asegurar el empleo de agregados satisfactorios en la mayoría de hormigones (concretos). Se reconoce sin embargo que para cierto tipo de obras o en ciertas regiones, esta NTP puede ser más o menos restrictiva de lo necesario. Por ejemplo, cuando la apariencia del hormigón (concreto) es importante, los límites de impurezas pueden ser más restrictivos en relación a las manchas que se puedan causar en la superficie del hormigón (concreto). Los proyectistas o quienes elaboren las especificaciones técnicas deberán tener en cuenta que los agregados que se especifiquen, estén disponibles o puedan conseguirse en la zona de trabajo en relación a su granulometría, propiedades físicas o químicas o la combinación de ellas.

NOTA 1: Los textos de referencia y los textos a pie de página (excluyendo los de tablas y figuras) no deberán ser tomados como requerimientos de norma.

## 2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes normas contienen disposiciones que al ser citadas en este texto constituyen requisitos de esta Norma Técnica Peruana. Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda norma está sujeta a revisión, se recomienda a aquellos que realicen acuerdos en base a ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones recientes de las normas citadas seguidamente. El Organismo Peruano de Normalización posee la información de las Normas Técnicas Peruanas en vigencia en todo momento.

**2.1 Normas Técnicas Peruanas**

- 2.1.1 NTP 400.010:2000 AGREGADOS. Extracción y preparación de las muestras
- 2.1.2 NTP 400.011:1976 AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y concretos
- 2.1.3 NTP 400.012:2000 AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global
- 2.1.4 NTP 400.024:1998 AGREGADOS. Método de ensayo para determinar cualitativamente las impurezas orgánicas del agregado fino
- 2.1.5 NTP 400.015:1977 AGREGADOS. Método de ensayo para determinar los terrones de arcilla y partículas friables en el agregado
- 2.1.6 NTP 400.016:1999 AGREGADOS. Determinación de la inalterabilidad de agregados por medio del sulfato de sodio o sulfato de magnesio
- 2.1.7 NTP 400.018:1977 AGREGADOS. Determinación del material que pasa el tamiz normalizado 74  $\mu\text{m}$  (No. 200)
- 2.1.8 NTP 400.019:1977 AGREGADOS. Determinación de la resistencia al desgaste en agregados gruesos de tamaño pequeño por medio de la máquina de Los Angeles
- 2.1.9 NTP 400.020:2002 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados

---

		gruesos de tamaño grande por abrasión e impacto en la maquina de Los angeles
2.1.10	NTP 400.038:1999	AGREGADOS. Método para la determinación del valor de impacto del agregado grueso (VIA)
2.1.11	NTP 400.023:1979	AGREGADOS. Método de ensayo para determinar la cantidad de partículas livianas en los agregados
2.1.12	NTP 400.013:2002	AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar el efecto de impurezas orgánicas del agregado fino sobre la resistencia de morteros y hormigones
2.1.13	NTP 400.017: 1999	AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado
2.1.14	NTP 339.047:1979	HORMIGÓN (CONCRETO). Definiciones y terminología relativas al hormigón
2.1.15	NTP 334.067:2000	CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la reactividad potencial alcalina de combinaciones cemento agregado (Método de la barra de mortero)
2.1.16	NTP 350.001:1970	Tamices de ensayo
2.1.17	NTP 400.041:1999	AGREGADOS. Índice de espesor del agregado grueso
2.1.18	NTP 334.001:2001	CEMENTOS. Definiciones y nomenclatura

2.1.18 NTP 334.042:2001 AGREGADOS. Métodos de ensayo para la determinación cuantitativa de cloruros y sulfatos solubles en agua para agregados de hormigón (concreto).

## **2.2 Normas Técnicas de Asociación**

2.2.1 ASTM C 289:1994 Standard Test Method for Potential Alkali-Silica Reactivity of Aggregates (Chemical Method)

2.2.2 ASTM C 295:1998 Standard Guide for Petrographic Examination of Aggregates for Concrete

2.2.3 ASTM C 330:1999 Standard Test Specification for Lightweight Aggregates for Structural Concrete

2.2.4 ASTM C 331:2000 Standard Specification for Lightweight Aggregates for Masonry Units

2.2.5 ASTM C 332:1999 Standard Specification for Lightweight Aggregates for Insulating Concrete

2.2.6 ASTM C 342:1997 Standard Test Method for Potential Volume Change of Cement-Aggregate Combinations

2.2.7 ASTM C 586:1999 Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Carbonate Rocks for Concrete Aggregates (Rock Cylinder Method)

2.2.8 ASTM C 637:1998a Standard Specification for Aggregates for Radiation Shielding Concrete

2.2.9	ASTM C 638:1997	Standard Descriptive Nomenclature of Constituents of Aggregates for Radiation Shielding Concrete
2.2.10	ASTM C 666:1997	Standard Test Method for Resistance of Concrete to Rapid Freezing and Thawing
2.2.11	ASTM D 3665: 1999	Standard Practice for Random Sampling of Construction Materials

### 3. CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma Técnica Peruana se aplica para el contratista, el proveedor del hormigón (concreto) u otros vendedores como parte del documento de venta en que se describe el material a proporcionar. Los requisitos de gradación son igualmente válidos para ser usados en las especificaciones que definen la calidad y otras características del agregado.

### 4. DEFINICIONES

Para los propósitos de esta Norma Técnica Peruana se aplican las siguientes definiciones, además de las que se presentan en la NTP 400.011, NTP 334.001 y NTP 339.047:

4.1 **agregado para hormigón (concreto):** Es un conjunto de partículas, de origen natural o artificial, que pueden ser tratadas o elaboradas y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados por la presente NTP.

4.2 **agregado fino:** Es el agregado proveniente de la desagregación natural o artificial, que pasa el tamiz normalizado 9,5 mm (3/8 pulg) y que cumple con los límites establecidos en la presente norma.

4.3 **arena:** Es el agregado fino proveniente de la desagregación natural de las rocas.

4.4 **agregado grueso:** Es el agregado retenido en el tamiz normalizado 4,75 mm (No. 4) proveniente de la desagregación natural o artificial de la roca, y que cumple con los límites establecidos en la presente norma.

4.5 **grava:** Es el agregado grueso, proveniente de la desagregación natural de materiales pétreos, encontrándosele corrientemente depositado en forma natural en canteras y lechos de ríos.

4.6 **pedra triturada o chancada:** Se denomina así, al agregado grueso obtenido por trituración artificial de rocas o gravas.

4.7 **tamaño máximo:** Es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso.

4.8 **tamaño máximo nominal:** Es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido.

4.9 **homogeneidad de agregados:** Una mezcla de agregados es homogénea cuando cumple con los límites granulométricos establecidos en cada porción de la misma

4.10 **agregado denominado “hormigón” en el Perú:** Material mixto que se encuentra generalmente en los conos de deyección de los ríos y se utiliza en algunos casos en hormigones (concretos) no estructurales. No está contemplado en la presente norma, se incluye sólo como definición.

4.11 **agregado reciclado:** Agregado procedente de tratamiento de materiales inorgánicos usados en construcción

4.12 **filler:** Los filleres son materiales inorgánicos minerales, naturales o artificiales, especialmente seleccionados que mediante adecuada preparación, con adecuada distribución de tamaño de partícula, mejoran las propiedades del cemento (tales

como la trabajabilidad o retención de agua). Pueden ser inertes o poseer propiedades ligeramente hidráulicas, hidráulicas latentes o puzolánicas.

4.13 **agregado global:** Mezcla de agregado fino y agregado grueso, normalizado por una granulometría.

## 5. **CONDICIONES GENERALES**

El vendedor de agregados deberá incluir la información que se indica a continuación:

- a) Si se trata de agregado fino, agregado grueso
- b) La referencia a esta NTP 400.037
- c) La cantidad en metros cúbicos o toneladas.

## 6. **REQUISITOS**

### 6.1 **Requisitos obligatorios**

6.1.1. La granulometría del agregado grueso, será determinada de acuerdo a lo estipulado en la NTP 400.012 y deberá cumplir con la gradación de la Tabla 1.

6.1.2 La granulometría del agregado fino se determinará de acuerdo a lo estipulado en la NTP 400.012, deberá cumplir con los límites de la Tabla 2.

**TABLA 1 - Requisitos granulométricos del agregado grueso**

GRUPO	TAMANO MÁXIMO NOMINAL	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TÁMICES NORMALIZADOS													
		100 mm (4 pulg.)	90 mm (3 1/2 pulg.)	75 mm (3 pulg.)	63 mm (2 1/2 pulg.)	50 mm (2 pulg.)	37,5 mm (1 1/2 pulg.)	25,0 mm (1 pulg.)	19,0 mm (3/4 pulg.)	12,5 mm (1/2 pulg.)	9,5 mm (3/8 pulg.)	4,75 mm (No. 4)	2,36 mm (No. 8)	1,18 mm (No. 16)	300 µm (No. 50)
1	90 mm o 37,5 mm (3 1/2 pulg. o 1 1/2 pulg.)	100	90 a 100	100	25 a 60	35 a 70	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15
2	63 mm o 37,5 mm (2 1/2 pulg. o 1 1/2 pulg.)	100	100	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15
3	50 mm o 25,0 mm (2 pulg. o 1 pulg.)	100	100	100	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15
3.5	50 mm o 4,75 mm (2 pulg. o No. 4)	100	100	100	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15
4	37,5 mm o 19,0 mm (1 1/2 pulg. o 3/4 pulg.)	100	100	100	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15
4.5	37,5 mm o 4,75 mm (1 1/2 pulg. o No. 4)	100	100	100	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15
5	25,0 mm o 12,5 mm (1 pulg. o 1/2 pulg.)	100	100	100	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15
5.5	25,0 mm o 9,5 mm (1 pulg. o 3/8 pulg.)	100	100	100	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15
6	19,0 mm o 9,5 mm (3/4 pulg. o 3/8 pulg.)	100	100	100	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15
6.5	19,0 mm o 4,75 mm (3/4 pulg. o No. 4)	100	100	100	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15
7	12,5 mm o 4,75 mm (1/2 pulg. o No. 4)	100	100	100	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15
8	9,5 mm o 2,36 mm (3/8 pulg. o No. 8)	100	100	100	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15
8.5	9,5 mm o 1,18 mm (3/8 pulg. o No. 16)	100	100	100	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15
9	4,75 mm o 1,18 mm (No. 4 o No. 16)	100	100	100	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15

NOTA: Se permitirá el uso de agregados que no cumplan con las gradaciones especificadas, siempre y cuando existan estudios estadísticos calificados a satisfacción de las partes, que aseguren que el material producirá hormigón (concreto) de la calidad requerida.

**TABLA 2 - Análisis granulométrico del agregado fino**

<b>Tamiz</b>	<b>Porcentaje que Pasa</b>
9,5 mm (3/8 pulg)	100
4,75 mm (No. 4)	95 a 100
2,36 mm (No. 8)	80 a 100
1,18 mm (No. 16)	50 a 85
600 µm (No. 30)	25 a 60
300 µm (No. 50)	05 a 30
150 µm (No. 100)	0 a 10

**NOTAS:**

2. Se permitirá el uso de agregados que no cumplan con las gradaciones especificadas, siempre y cuando existan estudios calificados a satisfacción de las partes, que aseguren que el material producirá hormigón (concreto) de la calidad requerida
3. El hormigón (concreto) con agregado fino cercano a los mínimos porcentajes de las mallas 300 µm (No. 50) y 150 µm (No. 100), pueden tener dificultades con la trabajabilidad, bombeado o excesiva exudación, lo que puede regularse con adiciones finas (filleres) o aditivos incorporadores de aire.
4. El módulo de fineza recomendable estará entre 2,3 y 3,1.

**6.1.3 Sustancias dañinas:** Las sustancias dañinas, no excederán los límites especificados en la Tabla 3

**TABLA 3 - Sustancias dañinas**

Ensayos	Agregado fino	Agregado grueso
Partículas deleznales, máx porcentaje	3	3
Material más fino que el tamiz normalizado 75 µm (No. 200), máx. porcentaje:		
Concreto sujeto a abrasión	3(A)	1
Otros concretos	5(A)	1
Carbón y lignito, máx. porcentaje	0,5	0,5
Impurezas orgánicas	El agregado fino que no demuestre presencia nociva de materia orgánica, cuando se determine según lo estipulado la NTP 400.024, se deberá considerar satisfactorio. El agregado fino que no cumpla con el ensayo anterior, podrá ser utilizado si al determinarse el efecto de las impurezas orgánicas sobre la resistencia de morteros, según lo estipulado en la NTP 400.013, la resistencia relativa a los 7 días no será menor de 95 %.	

(A) En el caso de arena manufacturada, si el material está libre de limos y arcillas, estos límites podrán ser aumentados a 5 % y 7 % respectivamente.

Nota 5: Al realizar el ensayo de impurezas orgánicas según la NTP 400.024 (colorimétrico), la coloración puede deberse a la presencia de otras sustancias, para lo cual existe el método alternativo NTP 400.013.

## 6.2 Requisitos complementarios

El agregado grueso a ser utilizado en hormigones (concretos) de resistencia de diseño igual o mayor a 210 kg/cm<sup>2</sup> (f'c) utilizados en pavimentos, deberán cumplir además de los requisitos obligatorios, los requisitos complementarios siguientes:

**6.2.1 Resistencia mecánica:** La resistencia mecánica del agregado de acuerdo a la NTP 400.020 y la NTP 400.038 será tal que los valores no excedan a los de la Tabla 4.

**TABLA 4 - Resistencia mecánica de los agregados**

Métodos alternativos	No mayor que %
Abrasión (Método de los Angeles)	50
Valor de Impacto del Agregado	30

**6.2.2** El agregado a usarse en hormigón (concreto), que va a estar sujeto a problemas de congelación y deshielo, deberá cumplir además de los requisitos obligatorios, el requisito de resistencia a la desagregación por medio de ataque de soluciones saturadas de sulfato de sodio o sulfato de magnesio, la pérdida promedio de masa después de cinco ciclos no deberá exceder los valores de la Tabla 5.

**TABLA 5 - Pérdida por ataque de sulfatos**

Agregado Fino		Agregado Grueso	
Si se utiliza solución de sulfato de sodio	Si se utiliza solución de sulfato de magnesio	Si se utiliza solución de sulfato de sodio	Si se utiliza solución de sulfato de magnesio
10 %	15 %	12 %	18 %

### **6.3 Requisitos opcionales**

**6.3.1 Índice de espesor:** No mayor de 50 en agregados naturales y de 35 en agregados triturados.

**6.3.2 Reactividad potencial alcalina cemento-agregado (Método de la Barra de mortero):** El agregado utilizado en hormigones (concretos) sujetos permanentemente a la acción de la humedad o contacto con suelos húmedos, no deberá contener minerales potencialmente reactivos que reaccionen químicamente con los álcalis del cemento, por cuanto producen expansiones excesivas del hormigón (concreto).

En caso de estar presentes tales minerales, el agregado podrá ser utilizado con cementos que tengan menos de 0,6 % de álcalis, calculados como óxido de sodio equivalente ( $\text{Na}_2\text{O} + 0,658 \text{K}_2\text{O}$ ), o con la adición de un material que prevenga la expansión excesiva debido a la reacción álcali – agregado.

**6.3.3 Equivalente de arena:** El equivalente de arena del agregado utilizado en hormigón (concreto) de resistencia de diseño igual o mayor a  $210 \text{ kg/cm}^2$  ( $f'c$ ) y los utilizados en pavimentos del hormigón (concreto) será igual o mayor a 75 %. Para otros hormigones (concretos) el equivalente de arena será igual o mayor a 65 %.

## 7. INSPECCIÓN Y RECEPCIÓN

El muestreo de los agregados se realizará de acuerdo a lo estipulado en la NTP 400.010

## 8. MÉTODOS DE ENSAYO

Los resultados establecidos en la presente NTP se determinan con los siguientes métodos de ensayo: NTP 400.010, NTP 400.012, NTP 400.018, NTP 400.024, NTP 400.013, NTP 400.016, NTP 400.015, NTP 400.023, NTP 400.019, NTP 400.020, NTP 334.067, ASTM C 666, NTP 400.041, NTP 400.038, NTP 400.042; las mismas que se encuentran detalladas en el capítulo 2.

## 9. ANTECEDENTES

- |     |                  |  |
|-----|------------------|--|
| 9.1 | NTP 400.037:1988 | AGREGADOS. Requisitos                          |
| 9.2 | ASTM C 33:1999a  | Standard specification for concrete aggregates |

**ANEXO A**  
**(INFORMATIVO)**

**AGREGADO GLOBAL**

El presente anexo es de carácter informativo, se incluye para que se tenga en cuenta los límites granulométricos del agregado global los que proporcionan una mayor amplitud de uso. Se recomienda realizar ensayos sobre diseños de mezcla para una mejor experiencia.

El agregado global está normalizado en Inglaterra, Francia, Alemania. La Comisión Panamericana de Normas Técnicas (COPANT) también lo incluye.

**TABLA A1 – Análisis Granulométrico del agregado global**

Tamiz	Porcentaje que pasa por los tamices normalizados		
	Tamaño máximo nominal		
	37,5 mm (1 ½ pulg)	19,0 mm (¾ pulg)	9,5 mm (3/8 pulg)
50 mm (2 pulg)	100		
37,5 mm (1 ½ pulg)	95 a 100	100	
19,0 mm (¾ pulg)	45 a 80	95 a 100	
12,5 mm (1/2 pulg)			100
9,5 mm (3/8 pulg)			95 a 100
4,75 mm (No. 4)	25 a 50	35 a 55	30 a 65
2,36 mm (No. 8)			20 a 50
1,18 mm (No. 16)			15 a 40
600 µm (No. 30)	8 a 30	10 a 35	10 a 30
300 µm (No. 50)			5 a 15
150 µm (No. 100)	0 a 8*	0 a 8*	0 a 8*

\*Incrementar 10 % para finos de roca triturada

## ANEXO B (INFORMATIVO)

### CLORUROS

El presente anexo es de carácter informativo, se incluye para que se tenga en cuenta el límite recomendado para el contenido de ión cloruro soluble en agua en los agregados y será tal que el aportado por todos los componentes del hormigón (concreto) no supere lo indicado en la reglamentación vigente (NTE-060). Teniendo en cuenta los contenidos de cloruros solubles en agua aportados por los otros componentes del hormigón (concreto), lo anterior generalmente puede ser asegurado con los siguientes límites máximos para la mezcla de áridos en cada hormigón (concreto) indicados en la Tabla B1.

**TABLA B1 - Límite recomendado para el contenido de cloruros solubles en agua en los áridos (A)**

<b>Tipo de hormigón</b>	<b>Porcentaje de la masa del total de áridos contenidos en el hormigón (concreto) (%)</b>
Hormigón (concreto) simple	0,15
Hormigón (concreto) armado	0,06
Hormigón (concreto) pretensado	0,03

(A) Obtenido de la norma UNE 146120:1997 Aridos para hormigones. Especificaciones

## **AGREGADOS. Extracción y preparación de las muestras**

AGGREGATES. Standard practice for sampling aggregates

**2001-01-24**  
**2ª Edición**

## ÍNDICE

	<b>página</b>
ÍNDICE	i
PREFACIO	i
1. OBJETO	1
2. REFERENCIAS NORMATIVAS	1
3. SIGNIFICADO Y USO	2
4. MUESTRAS CONFIABLES	3
5. ENVÍO DE LAS MUESTRAS	6
6. PALABRAS CLAVES	6
7. ANTECEDENTES	6



SIDERPERÚ S.A.A.	Irma Vargas Armando Kuyeng Manuel Espinoza
DURACRETO S.A	Francisco Gómez de La Torre
ACEROS AREQUIPA S.A.	Victor Granados
ETERNIT	Mauro Quezada Diego Fernandez
QUÍMICA SUIZA S.A.	Milan Pejnovic
CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.	Rosaura Vásquez
COSAPI	Javier Arranz
MTCVC	José Dominguez César Manrique
INFES	Pedro Morales
INADE	Augusto Pehovaz Scerpella
INVERMET	Guillermo Vivanco
ASOCEM	Manuel Gonzales de La Cotera
ARPL TECNOLOGÍA INDUSTRIAL S.A.	Wilfredo Quintana
CIP-CAPÍTULO DE CIVILES	Ana Biondi Carlos Tapia
UNI	Ana Torre Rafael Cachay
URP	Gonzalo Luque
SENCICO	Carlos Pérez Vanna Guffanti

---000000---

## AGREGADOS. Extracción y preparación de las muestras

### 1. OBJETO

La presente Norma Técnica Peruana establece los procedimientos del muestreo del agregado grueso, fino y global, para los propósitos siguientes:

- Investigación preliminar de la fuente potencial de abastecimiento
- Control en la fuente de abastecimiento.
- Control de las operaciones en el sitio de su utilización.
- Aceptación o rechazo de los materiales

NOTA 1: Los planes de muestreo para aceptación y control de los ensayos, varían con el tipo de construcción donde se utiliza el material (Véase norma ASTM E 105 y ASTM D 3665)

### 2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes normas contienen disposiciones que al ser citadas en este texto constituyen requisitos de esta Norma Técnica Peruana. Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda norma está sujeta a revisión, se recomienda a aquellos que realicen acuerdos en base a ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones recientes de las normas citadas seguidamente. El Organismo Peruano de Normalización posee la información de las Normas Técnicas Peruanas en vigencia en todo momento.

#### 2.1 Normas Técnicas Peruanas

- |       |                  |   |
|-------|------------------|---|
| 2.1.1 | NTP 339.047:1979 | HORMIGÓN (CONCRETO). Definiciones y terminología relativas al hormigón                |
| 2.1.2 | NTP 400.011:1976 | AGREGADOS. Definiciones y clasificación de agregados para uso en morteros y concretos |

2.1.3 NTP 400.037:2000 AGREGADOS. Requisitos

## 2.2 Normas Técnicas de Asociación

2.2.1 ASTM C 702:1998 Standard Practice for Reducing Field Samples of Aggregates to Testing Size

2.2.2 ASTM D 2234:1999 Standard Practice for Test Method for Collection of a Gross Sample of Coal

2.2.3 ASTM D-3665:1999 Standard Practice for Random Sampling of Construction Materials

2.2.4 ASTM E 105-58:1996 Standard Practice for Probability Sampling of Materials

2.2.5 ASTM E 122:1999 Standard Practice for Choice of Sample Size to Estimate the Average Quality of a Lot of Process

2.2.6 ASTM E 141-91:1997 Standard Practice for Acceptance of Evidence Based on the Results of Probability Sampling

## 3. SIGNIFICADO Y USO

3.1 El muestreo y el ensayo son importantes, por lo tanto el operador deberá tener siempre la precaución de obtener muestras que denoten la naturaleza y condiciones del material al cual representan.

3.2 Las muestras para los ensayos de investigación preliminar serán obtenidas por la parte responsable del desarrollo de la fuente potencial (Véase Nota 2). Las muestras de materiales para el control de la producción en la cantera o el control en la obra, serán

obtenidas por el productor, contratistas u otras partes responsables para verificar el trabajo. Las muestras utilizadas para aceptación o rechazo serán tomadas por el comprador o su representante autorizado.

NOTA 2: La investigación preliminar y el muestreo de potenciales canteras de agregados, ocupan un lugar muy importante porque ello determina la conveniencia de su utilización. Es necesario el control de calidad del material para asegurar la durabilidad de la estructura resultante, esto influenciará en el tipo de construcción y en la parte económica de la obra.

Esta investigación deberá ser realizada sólo por personal entrenado y con experiencia.

#### 4. MUESTRAS CONFIABLES

**4.1 Generalidades:** De preferencia, las muestras para los ensayos de calidad deberán ser obtenidas de productos acabados. La muestra de productos acabados para ser ensayada por pérdida al desgaste de abrasión no estará sujeta a chancado posterior o reducido manualmente, a menos que la medida del producto acabado sea tal que requiera reducción posterior para los propósitos del ensayo.

**4.2 Inspección:** El material será inspeccionado para determinar variaciones perceptibles. El vendedor proveerá el equipo conveniente y necesario para la inspección y el muestreo.

#### 4.3 Procedimiento

**4.3.1 Muestreo de flujos de corriente de agregados (Descarga de depósitos o cintas):** De la producción seleccionar muestras al azar, tal como se indica en la práctica normalizada ASTM D 3665.

Obtener por lo menos 3 incrementos iguales, seleccionados al azar de la unidad que está siendo muestreada y combinarlos para formar una muestra cuya masa iguale o exceda lo mínimo recomendado en el apartado 4.4.2. Tomar cada incremento a través de toda la sección del elemento de descarga. Es necesario contar con un dispositivo especial para ser utilizado en cada planta en particular. Este dispositivo consistirá en un recogedor de medida suficiente para interceptar la sección transversal del chorro de descarga para retener la cantidad requerida de material sin derramar. Un conjunto de rieles podrán ser necesarios para servir como guía al recogedor mientras pasa por el chorro de descarga.

Hasta donde sea posible, mantener el depósito continuamente lleno o casi lleno para reducir la segregación (Véase Nota 3).

NOTA 3: Deberá evitarse la toma de muestras de la descarga inicial o final de pocas toneladas de un depósito o de una faja transportadora, pues esto incrementa la posibilidad de obtener material segregado.

**4.3.2 Muestreo de fajas transportadoras:** Seleccionar el muestreo al azar de la producción, tal como se indica en la práctica normalizada ASTM D 3665. Obtener por lo menos 3 incrementos aproximadamente iguales, seleccionados al azar, de la unidad que está siendo muestreada y combinarlos para formar una muestra de campo cuya masa iguale o exceda a la mínima recomendada en el apartado 4.4.2. Insertar 2 plantillas de la misma forma de la correa de la faja transportadora y separarlas de tal modo que el material contenido entre ellas producirá un incremento de la masa requerida. Extraer cuidadosamente extraer con la cuchara todo el material entre las plantillas y colocarlo en un contenedor y luego coleccionar los finos sobre la faja con una brocha y pala y adicionarlos al contenedor.

**4.3.3 Muestreo de depósitos o unidades de transporte:** De ser posible evitar este tipo de muestreo, particularmente para la determinación de las propiedades del agregado que puedan ser dependientes de su granulometría. Si las circunstancias hacen necesario realizar este tipo de muestreo, designar un plan de muestreo para este caso, aceptado por todas las partes involucradas; esto permitirá a la entidad que realiza el muestreo el uso de un plan que le dará confianza de los resultados obtenidos.

El plan de muestreo definirá el número de muestras necesarias para representar los lotes o sub-lotes de medidas específicas. Los principios generales para el muestreo de depósitos, son aplicables a muestreo de camiones, vagones, barcazas u otras unidades de transporte.

**4.3.4 Muestreo de carreteras (bases y sub-bases):** Seleccionar las muestras al azar, tal como se indica en la práctica normalizada ASTM D 3665. Obtener por lo menos tres incrementos iguales, seleccionados al azar de la unidad que está siendo muestreada y combinarlos para formar una muestra de campo, con una masa igual o mayor que la mínima recomendada en el apartado 4.4.2. Tomar todos los incrementos de la profundidad total del vagón, teniendo cuidado de excluir el material subyacente, marcar claramente las áreas específicas de las que se tomó las muestras: un separador metálico para delimitar el área podrá asegurar incrementos de masa iguales.

#### 4.4 Número y masa de las muestras de campo:

4.4.1 El número de las muestras de campo (obtenidas por uno de los métodos descritos en el apartado 4.3) requeridas depende del estado y variación de la propiedad a medirse. Designar cada unidad de la que se obtuvo la muestra de campo, previa al muestreo. El número de muestras de la producción deberá ser suficiente como para otorgar la confianza deseada en los resultados de los ensayos (Véase Nota 4).

NOTA 4: Una guía para determinar el número de muestras requeridas para obtener el nivel de confianza en los resultados de ensayo, podrá basarse en los métodos de ensayos normalizados que se presentan en ASTM D 2234, ASTM E 105, ASTM E 122 y ASTM E 141.

**Tabla 1 - Medida de las muestras**

<b>Tamaño máximo nominal del agregado<sup>A</sup></b>	<b>Masa mínima aproximada para la muestra de campo kg<sup>B</sup></b>
Agregado fino	
2,36 mm	10
4,76 mm	10
Agregado grueso	
9,5 mm	10
12,5 mm	15
19,0 mm	25
25,0 mm	50
37,5 mm	75
50,00 mm	100
63,00 mm	125
75,00 mm	150
90,00 mm	175

<sup>A</sup> Para agregado procesado, el tamaño máximo nominal es la menor malla donde se produce el primer retenido.

<sup>B</sup> Para agregado global (por ejemplo base o sub-base) la masa mínima requerida será la mínima del agregado grueso más 10 kg .

4.4.2 Las masas de las muestras de campo citadas son tentativas. Las masas deberán ser previstas para el tipo y cantidad de ensayos a los cuales el material va a estar

sujeto y obtener material suficiente para ejecutar los mismos. La norma de aceptación y ensayos de control están cubiertas por las NTPs, donde se especifica la porción de la muestra de campo requerida para cada ensayo. En general, las cantidades indicadas en la Tabla 1 proveerán material adecuado para análisis granulométrico y ensayos de calidad rutinarios. Se extraerán porciones de muestra en el campo de acuerdo con el método de ensayo normalizado que se presenta en ASTM C 702 o por otros métodos de ensayo que sean aplicables.

## **5. ENVÍO DE LAS MUESTRAS**

5.1 Transportar los agregados en bolsas u otros contenedores construidos como para prevenir pérdidas o contaminación de alguna parte de la muestra; o daños al contenido por el manipuleo durante el transporte.

5.2 La identificación individual de los contenedores de embarque para muestras de agregado estará anexa o incluida tanto en el reporte de campo, en el parte de laboratorio y en el reporte de ensayo.

## **6. PALABRAS CLAVES**

Agregados: exploración de canteras potenciales; número y medidas necesarias para estimar las características

## **7. ANTECEDENTES**

- |     |                  |   |
|-----|------------------|---|
| 7.1 | NTP 400.010:1976 | AGREGADOS. Extracción y muestreo          |
| 7.2 | ASTM D 75:1997   | Standard Practice for Sampling Aggregates |

---

**NORMA TÉCNICA  
PERUANA**

---

**NTP 400.012  
2001**

---

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI  
Calle de La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

---

Lima, Perú

## **AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global**

AGGREGATES. Standard test method for sieve analysis of fine, coarse and global aggregates

**2001-05-31  
2ª Edición**

R.0071-2001/INDECOPI-CRT. Publicada el 2001-06-17

Precio basado en 14 páginas

I.C.S.: 91.100.30

**ESTA NORMA ES RECOMENDABLE**

Descriptorios: Agregado, agregado grueso, agregado fino, serie, gradación, análisis por tamizado, análisis granulométrico

## ÍNDICE

	<b>página</b>
ÍNDICE	i
PREFACIO	ii
1. OBJETIVO	1
2. REFERENCIAS NORMATIVAS	1
3. CAMPO DE APLICACIÓN	2
4. DEFINICIONES	3
5. RESUMEN DEL MÉTODO	3
6. APARATOS	3
7. MUESTREO	4
8. PROCEDIMIENTO	6
9. CÁLCULO	9
10. REPORTE	10
11. PRECISIÓN Y DESVIACIÓN	10
12. ANTECEDENTES	11
ANEXO A	12
ANEXO B	13
ANEXO C	14

## PREFACIO

### A. RESEÑA HISTÓRICA

A.1 La presente Norma Técnica Peruana fue elaborada por el Comité Técnico de Normalización de Agregados, Hormigón (Concreto), Hormigón Armado y Hormigón Pretensado, mediante el Sistema 2 u Ordinario, durante los meses de Enero a Mayo del 2000, utilizó como antecedente a la ASTM C 136-96a.

A.2 El Comité Técnico de Normalización de Agregados, Hormigón (Concreto), Hormigón Armado y Hormigón Pretensado presentó a la Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales –CRT, con fecha 2000-12-18, el PNT 400.012:2000, para su revisión y aprobación; siendo sometido a la etapa de Discusión Pública el 2001-03-29. No habiéndose presentado ninguna observación, fue oficializado como Norma Técnica Peruana **NTP 400.012:2001 AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global**, 2ª Edición, el 17 de junio del 2001.

A.3 Esta Norma Técnica Peruana reemplaza a la NTP 400.012:1976. La presente Norma Técnica Peruana presenta cambios editoriales referidos principalmente a terminología empleada propia del idioma español y ha sido estructurada de acuerdo a las Guías Peruanas GP 001:1995 y GP 002:1995.

### B. INSTITUCIONES QUE PARTICIPARON EN LA ELABORACIÓN DE LA NORMA TÉCNICA PERUANA

Secretaría	Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción - SENCICO
Presidente	Carlos Pérez
Secretaria	Vanna Guffanti
<b>ENTIDAD</b>	<b>REPRESENTANTE</b>
UNICON	ENRIQUE PASQUEL IRMA VARGAS

SIDERPERÚ S.A.A.	ARMANDO KUYENG MANUEL ESPINOZA
DURACRETO S.A	FRANCISCO GÓMEZ DE LA TORRE
ACEROS AREQUIPA S.A.	VICTOR GRANADOS
ETERNIT	MAURO QUEZADA DIEGO FERNANDEZ
QUÍMICA SUIZA S.A.	MILAN PEJNOVIC
CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.	ROSAURA VÁSQUEZ
COSAPI	JAVIER MARTÍN ARRANZ
MTCVC	JOSÉ DOMINGUEZ CÉSAR MANRIQUE
INFES	PEDRO MORALES
INADE	AUGUSTO PEHOVAZ
INVERMET	GUILLERMO VIVANCO
ASOCEM	MANUEL GONZALES DE LA COTERA
ARPL TECNOLOGÍA INDUSTRIAL S.A.	WILFREDO QUINTANA
CIP-CAPÍTULO DE CIVILES	ANA BIONDI CARLOS TAPIA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA	ANA TORRE RAFAEL CACHAY
UNIVERSIDAD RICARDO PALMA	GONZALO LUQUE
SENCICO	CARLOS PÉREZ VANNA GUFFANTI

---oooOooo---

## AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global

### 1. OBJETO

La presente Norma Técnica Peruana establece el método para la determinación de la distribución por tamaño de partículas del agregado fino, grueso y global por tamizado.

Los valores indicados en el SI deben ser considerados como estándares. La ASTM E-11 designa los tamices en pulgadas, para esta NTP, se designan en unidades SI exactamente equivalentes.

### 2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes normas contienen disposiciones que al ser citadas en este texto constituyen requisitos de esta Norma Técnica Peruana. Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda Norma está sujeta a revisión, se recomienda a aquellos que realicen acuerdos en base a ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones recientes de las normas citadas seguidamente. El Organismo Peruano de Normalización posee la información de las Normas Técnicas Peruanas en vigencia en todo momento.

#### 2.1 Normas Técnicas Peruanas

2.1.1	NTP 339.047: 1979	HORMIGÓN (CONCRETO). Definiciones y terminología relativas al hormigón
2.1.2	NTP 350.001: 1970	Tamices de ensayo
2.1.3	NTP 400.010: 2000	AGREGADOS. Extracción y preparación de las muestras

- |       |                   |  |
|-------|-------------------|--|
| 2.1.4 | NTP 400.011: 1976 | AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y concretos. |
| 2.1.5 | NTP 400.018: 1977 | AGREGADOS. Determinación del material que pasa el tamiz normalizado 75 µm (No. 200). |
| 2.1.6 | NTP 400.037: 2000 | AGREGADOS. Requisitos.   |

## **2.2 Normas Técnicas de Asociación**

- |       |                  |   |
|-------|------------------|---|
| 2.2.1 | ASTM C 670: 1996 | Standard Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials |
| 2.2.2 | ASTM C 702: 1998 | Standard Practice for Reducing Field Samples of Aggregate to Testing Size                                 |
| 2.2.3 | AASHTO T 27      | Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates  |

## **3. CAMPO DE APLICACIÓN**

3.1 Esta Norma Técnica se aplica para determinar la gradación de materiales propuestos para su uso como agregados o los que están siendo utilizados como tales. Los resultados serán utilizados para determinar el cumplimiento de la distribución del tamaño de partículas con los requisitos que exige la especificación técnica de la obra y proporcionar los datos necesarios para el control de la producción de agregados. Los datos también pueden ser utilizados para correlacionar el esponjamiento y el embalaje.

3.2 La determinación exacta del material más fino que la malla de 75 µm (Nº 200) no puede ser obtenida por esta NTP. Se utilizará la NTP 400.018.

## **4. DEFINICIONES**

Para los términos utilizados en esta NTP, referirse a la NTP 400.011, NTP 339.037 y NTP 339.047.

## 5. RESUMEN DEL MÉTODO

Una muestra de agregado seco, de masa conocida, es separada a través de una serie de tamices que van progresivamente de una abertura mayor a una menor, para determinar la distribución del tamaño de las partículas.

## 6. APARATOS

**6.1 Balanzas:** Las balanzas utilizadas en el ensayo de agregado fino, grueso y global deberán tener la siguiente exactitud y aproximación:

6.1.1 Para agregado fino, con aproximación de 0,1 g y exacta a 0,1 g ó 0,1 % de la masa de la muestra, cualquiera que sea mayor, dentro del rango de uso.

6.1.2 Para agregado grueso o agregado global, con aproximación y exacta a 0,5 g ó 0,1 % de la masa de la muestra, cualquiera que sea mayor, dentro del rango de uso.

**6.2 Tamices:** Los tamices serán montados sobre armaduras construidas de tal manera que se prevea pérdida de material durante el tamizado. Los tamices cumplirán con la NTP 350.001.

NOTA 1: Es recomendable que los tamices montados en marcos mayores que los normalizados de 203,2 mm (8 pulg) de diámetro, se usen para ensayos del agregado grueso y del global; para reducir la posibilidad de sobrecarga de los tamices. Véase apartado 8.3

**6.3 Agitador Mecánico de Tamices:** Un agitador mecánico impartirá un movimiento vertical o movimiento lateral al tamiz, causando que las partículas tiendan a saltar y girar presentando así diferentes orientaciones a la superficie del tamizado. La

acción del tamizado será tal que el criterio para un adecuado tamizado descrito en el apartado 8.4 esté dentro de un periodo de tiempo razonable.

NOTA 2: El uso del agitador mecánico es recomendado cuando la cantidad de la muestra es de 20 kg o mayor y puede ser utilizado para muestras más pequeñas incluyendo el agregado fino. El tiempo excesivo (aproximadamente más de 10 min) para conseguir un adecuado tamizado puede resultar en degradación de la muestra. El mismo agitador mecánico puede no ser práctico para todos los tamaños de muestra; mientras que una gran área del tamiz necesaria para un tamizado práctico del agregado grueso o global de gran tamaño nominal, igualmente podría resultar en la pérdida de una porción de la muestra si se usa para una pequeña muestra de agregado grueso o agregado fino.

**6.4 Horno:** Un horno de medidas apropiadas capaz de mantener una temperatura uniforme de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

## 7. MUESTREO

7.1 Tomar la muestra de agregado de acuerdo a la NTP 400.010. El tamaño de la muestra de campo deberá ser la cantidad indicada en la NTP 400.010 o cuatro veces la cantidad requerida en los apartados 7.4 y 7.5 (excepto con la modificación que se presenta en el apartado 7.6), la que sea mayor.

7.2. Mezclar completamente la muestra y reducirla a la cantidad necesaria para el ensayo utilizando los procedimientos descritos en la práctica normalizada ASTM C 702. La muestra para el ensayo será aproximadamente de la cantidad deseada cuando esté seca y deberá ser el resultado final de la reducción. No se permitirá la reducción a una cantidad exacta predeterminada.

NOTA 3: Cuando el ensayo propuesto sea el de análisis granulométrico, incluyendo la determinación del material más fino que la malla de  $75\ \mu\text{m}$  (No. 200), la muestra podrá ser reducida en el campo para evitar el envío de excesiva cantidad de material al laboratorio.

**7.3 Agregado fino:** La cantidad de la muestra de ensayo, luego del secado, será de 300 g mínimo.

**7.4 Agregado grueso:** La cantidad de muestra de ensayo de agregado grueso será conforme a lo indicado en la Tabla 1.

**Tabla 1 - Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso o global**

Tamaño Máximo Nominal Aberturas Cuadradas mm (pulg)	Cantidad de la Muestra de Ensayo, Mínimo kg (lb)
9,5 (3/8)	1 (2)
12,5 (1/2)	2 (4)
19,0 (3/4)	5 (11)
25,0 (1)	10 (22)
37,5 (1 ½)	15 (33)
50 (2)	20 (44)
63 (2 ½)	35 (77)
75 (3)	60 (130)
90 (3 ½)	100 (220)
100 (4)	150 (330)
125 (5)	300 (660)

**7.5 Agregado Global:** La cantidad de muestra de ensayo de agregado global será la misma que para la del agregado grueso. Véase apartado 7.4 y Tabla 1.

**7.6 Muestras de agregado grueso y agregado global de mayor tamaño:** La cantidad de muestra requerida para agregados con tamaños máximos nominales a 50 mm o mayores debe ser tal como para evitar la reducción de la muestra y ensayarla como una unidad; excepto con cuarteador y agitador mecánico de tamices de capacidad suficiente. Cuando no se disponga de estos equipos, en lugar de combinar y mezclar incrementos de muestra para luego reducirla a una muestra de ensayo, como una opción, se puede realizar el tamizado de aproximadamente igual número de incrementos de tal modo que el total de la masa ensayada cumpla con los requisitos del apartado 7.4.

**7.7** En el caso que la determinación de la cantidad de material más fino que la malla 75 µm (No. 200) sea realizada mediante el método descrito en la NTP 400.018, se procederá como sigue:

7.7.1 Para agregados con tamaño máximo nominal de 12,5 mm (1/2 pulgadas) o menores, utilizar la muestra de ensayo que se utiliza en la NTP 400.018 y este método. Primero ensayar la muestra de acuerdo con la NTP 400.018 completando la operación de secado final, luego tamizar la muestra en seco como se estipula en los apartados 8.2 hasta 8.7 de la presente NTP.

7.7.2 Para agregados con tamaño máximo nominal mayores a 12,5 mm (1/2 pulgadas) se puede utilizar una muestra de ensayo simple como se describe en el apartado 7.7.1 o se puede utilizar una muestra simple separada por el método de ensayo que describe la NTP 400.018.

7.7.3 Cuando la especificación requiera la determinación de la cantidad total de material más fino que la malla de 75  $\mu\text{m}$  (No. 200) por lavado y secado, utilizar el procedimiento descrito en el apartado 7.7.1.

## **8. PROCEDIMIENTO**

8.1 Secar la muestra a peso constante a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

NOTA 4: Para ensayos de control, particularmente cuando se deseen resultados rápidos no es necesario secar el agregado grueso para el análisis granulométrico. Los resultados son ligeramente afectados por el contenido de humedad a menos que: (1) el tamaño máximo nominal es menor que 12,5 mm (1/2 pulgadas); (2) el agregado grueso contenga apreciable cantidad de material más fino que 4,75 mm (Nº 4); ó (3) el agregado grueso es altamente absorbente (ejemplo un agregado ligero). También las muestras pueden ser secadas a una temperatura alta utilizando planchas calientes sin afectar los resultados, manteniendo los escapes de vapor sin generación de presiones suficientes como para fracturar las partículas y, temperaturas que no sean mayores como para causar el rompimiento químico del agregado.

8.2 Se seleccionarán tamaños adecuados de tamices para proporcionar la información requerida por las especificaciones que cubran el material a ser ensayado. El uso de tamices adicionales puede ser necesario para obtener otra información, tal como módulo de fineza o para regular la cantidad de material sobre un tamiz. Encajar los tamices en orden de abertura decreciente desde la tapa hasta el fondo y colocar la muestra sobre el tamiz superior. Agitar los tamices manualmente o por medio de un aparato mecánico por

un período suficiente, establecido por tanda o verificado por la medida de la muestra ensayada, para obtener los criterios de suficiencia o tamizado descritos en el apartado 8.4.

8.3 Limitar la cantidad de material sobre el tamiz utilizado de tal manera que todas las partículas tengan la oportunidad de alcanzar la abertura del tamiz un número de veces durante la operación de tamizado. Para tamices con aberturas menores que 4,75 mm (N° 4), la cantidad retenida sobre alguna malla al completar el tamizado no excederá a 7 kg/m<sup>2</sup> de área superficial de tamizado (NOTA 5). Para tamices con aberturas de 4,75 mm (N° 4) y mayores, la cantidad retenida en kg no deberá sobrepasar el producto de 2,5 x (abertura del tamiz en mm x (área efectiva de tamizado, m<sup>2</sup>)). Esta cantidad se muestra en la Tabla 1 para 5 dimensiones de tamices de uso común. En ningún caso la cantidad retenida será mayor como para causar deformación permanente al tamiz.

8.3.1 Prevenir una sobrecarga de material sobre un tamiz individual por uno de los siguientes procedimientos:

8.3.1.1 Colocar un tamiz adicional con abertura intermedia entre el tamiz que va a ser sobrecargado y el tamiz inmediatamente superior en la disposición original de tamices.

8.3.1.2 Separar la muestra en dos o más porciones, tamizando cada porción individual. Combinar las masas de cada porción retenidas sobre un tamiz especificado antes de calcular el porcentaje de la muestra sobre el tamiz.

8.3.1.3 Utilizar tamices de mayor armazón que provean mayor área de tamizado.

NOTA 5: La cantidad de 7 kg/m<sup>2</sup> a 200 g para los diámetros usuales de tamiz de 203,2 mm (8 pulgadas) (con superficie efectiva de tamizado de 190,5 mm (7,5 pulgadas) de diámetro).

8.4 Continuar el tamizado por un período suficiente, de tal manera que al final no más del 1 % de la masa del residuo sobre uno de los tamices, pasará a través de él durante 1 min de tamizado manual como sigue: Sostener firmemente el tamiz individual con su tapa y fondo bien ajustado en posición ligeramente inclinada en una mano. Golpear el filo contra el talón de la otra mano con un movimiento hacia arriba y a una velocidad de cerca de 150 veces por min, girando el tamiz un sexto de una revolución por cada 25 golpes. En la determinación de la eficacia del tamizado para medidas mayores de 4,75 mm (N° 4), limitar a una capa simple de partículas sobre el tamiz. Si la medida del tamiz hace

impracticable el movimiento de tamizado descrito, utilizar el tamiz de 203 mm de diámetro (8 pulgadas) para verificar la eficiencia del tamizado.

8.5 En el caso del agregado global, la porción de la muestra más fina que el tamiz de 4,75 mm (N° 4) puede ser distribuida entre dos o más juegos de tamices para prevenir la sobrecarga de los tamices individuales; con el fin de facilitar la acción del tamizado.

NOTA 6: En el caso que se requiera separar el agregado grueso del agregado fino, el material global se cortará por el tamiz de 3/8 pulgadas (9,5 mm).

8.5.1 Alternativamente, la porción más fina que la malla de 4,75 mm (N° 4), puede ser reducida utilizando un sacudidor mecánico de acuerdo con el método ASTM C 702. Si se siguió este procedimiento, calcular la masa del incremento de cada medida de la muestra original como sigue:

$$A = \frac{W_1}{W_2} \times B$$

Donde:

A = masa del incremento de la medida sobre la base de la muestra total.

$W_1$  = masa de la fracción más fina que la malla de 4,75 mm (N° 4) en la muestra total.

$W_2$  = masa de la porción reducida de material más fino que la malla de 4,75 mm (N° 4) efectivamente tamizada.

B = masa del incremento en la porción reducida tamizada.

8.6 A no ser que se utilice un sacudidor mecánico, tamizar manualmente las partículas mayores que 75 mm (3 pulgadas) para la determinación de las aberturas menores de tamiz a través de las que cada partícula debe pasar. Empezar con el menor tamiz utilizado. Alternar las partículas, si es necesario, para determinar si pasarán a través

de una abertura particular; de cualquier modo no fuerce las partículas a pasar a través del tamiz.

8.7 Determinar la masa de cada incremento de medida sobre una balanza conforme a los requerimientos especificados en el apartado 5.1 aproximando al 0,1 % más cercano de la masa total original de la muestra seca. La masa total de material luego del tamizado deberá ser verificada con la masa de la muestra colocada sobre cada tamiz. Si la cantidad difiere en más de 0,3 %, sobre la masa seca original de la muestra, el resultado no deberá utilizarse para propósitos de aceptación.

8.8 Si la muestra fue previamente ensayada por el método descrito en la NTP 400.018, adicionar la masa del material más fino que la malla de 75  $\mu\text{m}$  (N°200) determinada por el método de tamizado seco.

## 9. CÁLCULO

9.1 Calcular el porcentaje que pasa, los porcentajes totales retenidos, o los porcentajes sobre cada tamiz, aproximando al 0,1% más cercano de la masa seca inicial de la muestra. Si la misma muestra fue primero ensayada por el método de ensayo que se describe en la NTP 400.018, incluir la masa de material más fino que la malla de 75  $\mu\text{m}$  (N°200) calculada por el método de lavado y utilizar el total de la masa de la muestra seca previa al lavado descrito en el método de ensayo de la NTP 400.018, como base para calcular todos los porcentajes.

9.1.1 Cuando se ensayan incrementos de la muestra, como se indica en el apartado 7.6, se utilizará el total de la masa de la porción del incremento retenido en cada tamiz, para calcular los porcentajes que se mencionan en el apartado 9.1.

9.2 Cuando se requiera, calcular el módulo de fineza, sumando el porcentaje acumulado retenido de material de cada uno de los siguientes tamices (porcentaje acumulado retenido) y dividir la suma entre 100: 150  $\mu\text{m}$  ( N° 100); 300  $\mu\text{m}$  ( N° 50); 600  $\mu\text{m}$  ( N° 30); 1,18 mm (N° 16); 2,36 mm (N° 8); 4,75 mm (N° 4); 9,5 mm (3/8 de pulgada); 19,0 mm (3/4 de pulgada); 37,5 mm (1 1/2 pulgada) y mayores; incrementando en la relación 2 a 1.

## 10. REPORTE

10.1 Dependiendo de las especificaciones para el uso del material, el reporte incluirá lo siguiente:

10.1.1 Porcentaje total que pasa cada tamiz.

10.1.2 Porcentaje total retenido en cada tamiz.

10.1.3 Porcentaje retenido entre tamices consecutivos.

10.2 Reportar los porcentajes en números enteros, excepto que si el porcentaje que pasa la malla de 75  $\mu\text{m}$  ( N° 200) es menor del 10 %, se aproximará al 0,1 % más cercano.

10.3 Reportar el módulo de fineza, cuando se solicite, al 0,01.

## 11. PRECISIÓN Y DESVIACIÓN

**11.1 Precisión:** La estimación de la precisión para este método de ensayo se presenta en la Tabla 3 (Véase Anexo B). Los estimados están basados en los resultados obtenidos por “AASHTO Materials Reference Laboratory Proficiency Sample Program” (Programa de Muestreo del Laboratorio de Materiales de Referencia de AASHTO), con ensayos realizados con el método ASTM C 136 y AASHTO T 27.

Los datos se basaron en resultados de 65 a 233 laboratorios que ensayaron en 18 pares de muestras de referencia de agregado grueso y de 74 a 222 laboratorios que ensayaron 17 pares de muestras de referencia de agregado fino (muestras N° 21 al 90), los valores de la tabla se dan para diferentes rangos del porcentaje total del agregado que pasa un tamiz.

11.1.1 Los valores de la precisión para el agregado fino de la Tabla 3 (Véase Anexo B) se realizaron con 500 g de muestra de ensayo. La revisión de este método en

1994 permitió reducir la muestra a un mínimo de 300 g. El análisis de los resultados de muestras de referencia con 300 g y 500 g , las muestras 99 y 100 (las muestras 99 y 100 fueron esencialmente idénticas) produjeron los valores de precisión de la Tabla 4 (Ver Anexo C), que indican solamente diferencias menores debido al tamaño de muestra.

NOTA 7: Los valores del agregado fino de la Tabla 3 serán revisados para reflejar la muestra de ensayo de 300 g, cuando se ha ensayado un número suficiente de muestras de referencia utilizando aquel tamaño de muestra que provea datos confiables.

**11.2 Desviación:** Mientras no se acepte un material de referencia adecuado para determinar la desviación en este método de ensayo, no se establecerá la desviación.

## **12. ANTECEDENTES**

- |      |                  |  |
|------|------------------|--|
| 12.1 | ASTM C 136-96a   | Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates. |
| 12.2 | NTP 400.012:1976 | AGREGADOS. Análisis granulométrico.                                    |

## ANEXO A

(Normativo)

**TABLA 2 – Máxima cantidad permitida de material retenido sobre un tamiz, kg**

ABERTURA NOMINAL DEL TAMIZ, mm	DIMENSIÓN NOMINAL DEL TAMIZ <sup>A</sup>				
	203,2 mm diám. <sup>B</sup>	254 mm diám. <sup>B</sup>	304,8 mm diám. <sup>B</sup>	350 por 350 mm	372 por 580 mm
	ÁREA DE TAMIZADO, m <sup>2</sup>				
	0,0285	0,0457	0,0670	0,1225	0,2158
125	C	C	C	C	67,4
100	C	C	C	30,6	53,9
90	C	C	15,1	27,6	48,5
75	C	8,6	12,6	23,0	40,5
63	C	7,2	10,6	19,3	34,0
50	3,6	5,7	8,4	15,3	27,0
37,5	2,7	4,3	6,3	11,5	20,2
25,0	1,8	2,9	4,2	7,7	13,5
19,0	1,4	2,2	3,2	5,8	10,2
12,5	0,89	1,4	2,1	3,8	6,7
9,5	0,67	1,1	1,6	2,9	5,1
4,75	0,33	0,54	0,80	1,5	2,6

<sup>A</sup> Dimensiones del tamiz en pulgadas: Diámetro de 8,0 pulgadas, diámetro de 10,0 pulgadas; diámetro de 12 pulgadas; de 13,8 pulgadas x 13,8 pulgadas (14 pulgadas x 14 pulgadas nominal); 14,6 pulgadas x 22,8 pulgadas (16 pulgadas x 24 pulgadas nominal).

<sup>B</sup> El área de los tamices circulares se basa sobre su diámetro efectivo 12,7 mm (½ pulg) menos que el diámetro nominal, dado que la especificación E 11 permite que la soldadura entre el tamiz y el marco (armazón) sea hasta de 6,35 mm (¼ pulg) sobre el tamiz. De este modo el diámetro efectivo de tamizado para un tamiz de 203,2 mm (8 pulg) es 190,5 mm (7,5 pulgadas). Los fabricantes de tamices no deben sobrepasar de 6,35 mm (¼ pulg) de espesor de soldadura sobre el tamiz.

<sup>C</sup> Los tamices indicados tienen menos de cinco aberturas y no deberán ser utilizados para tamizado, excepto como está previsto en el apartado 8.6.

## ANEXO B (Normativo)

**TABLA 3 – Precisión**

	Porcentaje total de material que pasa		Desviación Típica (1s), % <sup>A</sup>	Rango aceptable de dos resultados (d2s), % <sup>A</sup>
<b>Agregado Grueso:<sup>B</sup></b>				
<b>Precisión de un operador</b>	<100	≥95	0,32	0,9
	<95	≥85	0,81	2,3
	<85	≥80	1,34	3,8
	<80	≥60	2,25	6,4
	<60	≥20	1,32	3,7
	<20	≥15	0,96	2,7
	<15	≥10	1,00	2,8
	<10	≥ 5	0,75	2,1
	<5	≥ 2	0,53	1,5
<2	> 0	0,27	0,8	
<b>Precisión Multilaboratorio</b>	<100	≥95	0,35	1,0
	<95	≥85	1,37	3,9
	<85	≥80	1,92	5,4
	<80	≥60	2,82	8,0
	<60	≥20	1,97	5,6
	<20	≥15	1,60	4,5
	<15	≥10	1,48	4,2
	<10	≥ 5	1,22	3,4
	<5	≥ 2	1,04	3,0
<2	> 0	0,45	1,3	
<b>Agregado Fino</b>				
<b>Precisión de un operador</b>	<100	≥95	0,26	0,7
	<95	≥60	0,55	1,6
	<60	≥20	0,83	2,4
	<20	≥15	0,54	1,5
	<15	≥10	0,36	1,0
	<10	≥ 2	0,37	1,1
	<2	> 0	0,14	0,4
<b>Precisión multilaboratorio</b>	<100	≥95	0,23	0,6
	<95	≥60	0,77	2,2
	<60	≥20	1,41	4,0
	<20	≥15	1,10	3,1
	<15	≥10	0,73	2,1
	<10	≥ 2	0,65	1,8
	<2	> 0	0,31	0,9

<sup>A</sup> Estos números representan, respectivamente, los límites (1s) y (d2s) descritos en la norma ASTM C 670.

<sup>B</sup> La estimación de la precisión se basa en agregados de tamaño máximo nominal de 19,0 mm (3/4 pulg).

## ANEXO C (Normativo)

**TABLA 4 - Precisión para muestras de ensayo de 300 g y 500 g**

Muestra de referencia de agregado fino				En el laboratorio		Entre laboratorios	
Resultados de los ensayos	Cantidad de muestra	Número de laboratorios	Promedio	1s	d2s	1s	d2s
ASTM C 136/AASHTO T 27							
Material total que pasa el tamiz No. 4 (%)	500 g	285	99,922	0,027	0,066	0,037	0,104
	300 g	276	99,990	0,021	0,060	0,042	0,117
Material total que pasa el tamiz No. 8 (%)	500 g	281	84,10	0,43	1,21	0,63	1,76
	300 g	274	84,32	0,39	1,09	0,69	1,92
Material total que pasa el tamiz No. 16 (%)	500 g	286	70,11	0,53	1,49	0,75	2,10
	300 g	272	70,00	0,62	1,74	0,76	2,12
Material total que pasa el tamiz No. 30 (%)	500 g	287	48,54	0,75	2,10	1,33	3,73
	300 g	276	48,44	0,87	2,44	1,36	3,79
Material total que pasa el tamiz No. 50 (%)	500 g	286	13,52	0,42	1,17	0,98	2,73
	300 g	275	13,51	0,45	1,25	0,99	2,76
Material total que pasa el tamiz No. 100 (%)	500 g	287	2,55	0,15	0,42	0,37	1,03
	300 g	270	2,52	0,18	0,52	0,32	0,89
Material total que pasa el tamiz No. 200 (%)	500 g	278	1,32	0,11	0,32	0,31	0,85
	300 g	266	1,30	0,14	0,39	0,31	0,85

## DURABILIDAD AL SULFATO DE SODIO Y SULFATO DE MAGNESIO

### MTC E 209 – 2000

### NTP 400.016

Este Modo Operativo está basado en las Normas ASTM C 88 y AASHTO T 104, las mismas que se han adaptado al nivel de implementación y a las condiciones propias de nuestra realidad. Cabe indicar que este Modo Operativo está sujeto a revisión y actualización continua.

Este Modo Operativo no propone los requisitos concernientes a seguridad. Es responsabilidad del Usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes, y determinar además las obligaciones de su uso e interpretación.

## 1. OBJETIVO

**1.1** Describe el procedimiento que debe seguirse, para determinar la resistencia a la desintegración de los agregados, por la acción de soluciones saturadas de sulfato de sodio o de magnesio.

**1.2** Este método suministra una información útil para juzgar la calidad de los agregados que han de estar sometidos a la acción de los agentes atmosféricos, sobre todo cuando no se dispone de datos sobre el comportamiento de los materiales que se van a emplear, en las condiciones climáticas de la obra.

Con él se puede hacer una estimación preliminar de la inalterabilidad de los agregados que se usarán para la fabricación de Concreto de Cemento Portland u otros propósitos.

**1.3** Se advierte el hecho que los resultados que se obtengan varían según la sal que se emplee; y que hay que tener cuidado al fijar los límites en las especificaciones en que se incluya este ensayo. Dado que su precisión es limitada, el rechazo de los agregados que no cumplan las especificaciones pertinentes, no puede darse únicamente con él; se deben confirmar con resultados de otros ensayos más ligados a las características del material.

**1.4** Los valores de porcentaje de pérdidas admisibles, resultantes de aplicar este método, generalmente difieren para agregados finos y agregados gruesos.

## 2. APARATOS

**2.1** Los tamices necesarios, de acuerdo con los numerales 4.1 y 4.2 son los siguientes:

TAMICES SERIE FINA		TAMICES SERIE GRUESA	
150 mm	(No. 100)	8,0 mm	(5/16")
300 mm	(No. 50)	9,5 mm	(3/8")
600 mm	(No. 30)	12,5 mm	(1/2")
1,18 mm	(No. 16)	16 mm	(5/8")
2,36 mm	(No. 8)	19 mm	(3/4")
4,00 mm	(No. 5)	25 mm	(1")
4,75 mm	(No. 4)	31,5 mm	(1 1/4")
		37,5 mm	(1 1/2")

TAMICES SERIE FINA	TAMICES SERIE GRUESA
	500 mm (2")
	63 mm (2 1/2")
	Tamices mayores, de tamaños obtenidos cada 12,5 mm (1/2")

**2.2** Recipientes para la inmersión de las muestras de los agregados en la solución, de acuerdo con el procedimiento descrito en este método, perforados de tal manera que permitan la libre entrada de la solución para que pueda ponerse en contacto con la muestra y que haya el drenaje de la misma, sin que se produzca pérdida de partículas del agregado. El volumen de la solución en la cual se sumergen las muestras será, por lo menos, cinco veces el volumen de la muestra sumergida.

- Se considera que son recipientes adecuados para utilizar en este ensayo, las canastas hechas de tela metálica, o de lámina perforada, con una abertura apropiada para el tamaño de las partículas de la fracción que van a contener.

**2.3** Regulación de la temperatura. Se dispondrá de un medio apropiado para regular la temperatura de la solución durante el periodo de inmersión.

**2.4** Balanzas, una con capacidad de 500 g y sensibilidad de 0.1 g, para pesar el agregado fino, y otra con capacidad de 5 kg y sensibilidad mínima de 1 g, para pesar el agregado grueso.

**2.5** Estufa, provista con dispositivo de circulación forzada de aire, y capaz de mantener la temperatura a  $110 \pm 5$  °C ( $230 \pm 9$  °F) y a una rata de evaporación para esta temperatura de 25 g/h, durante 4 horas, periodo en el cual deberá permanecer cerrada la puerta del horno. Esta velocidad se determinará por la pérdida de agua, en vasos de forma baja de 1 dm<sup>3</sup> de capacidad, que contengan inicialmente cada uno 500 g de agua a la temperatura de  $21 \pm 2$  °C ( $70 \pm 3$  °F), colocados en cada rincón y en el centro de cada bandeja del horno, durante el citado período de 4 horas. Esta comprobación se efectúa estando ocupado el horno solamente por los vasos con agua.

### 3. SOLUCIONES NECESARIAS

**3.1** Solución de sulfato de sodio. La solución saturada de sulfato de sodio, se prepara disolviendo el peso necesario de sal del tipo "comercial", en agua a la temperatura de 25 a 30°C (77 a 86 °F). Se añade suficiente cantidad de sal, bien de la forma anhidra ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) o cristalizada ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ), para asegurar no solamente que la solución esté saturada, sino también que quede un exceso de cristales cuando la solución esté preparada. Se agita bien la solución mientras se está preparando. Se enfría la solución a  $21 \pm 1$  °C ( $140 \pm 2$  °F) y se mantiene a esta temperatura por lo menos durante 48 horas antes de emplearla; se agita bien, inmediatamente antes de usarla, y en este momento debe tener un peso específico entre 1.151 y 1.174. La solución que presente impurezas debe filtrarse y debe volverse a comprobar su peso específico.

**Nota 1.** La comprobación del peso específico debe hacerse frecuentemente, por lo menos para cada 50 kg de sal, o cuando esté la solución descolorida en cuyo caso habría que filtrarla o descartarse.

Para conseguir la saturación a 22 °C (71.6 °F) de 1 dm<sup>3</sup> (Lt.) de agua, son suficientes 215 g de la sal anhidra o 700 g de la hidratada. No obstante, como estas sales no son completamente estables y puesto que es preferible que haya un exceso de cristales en la solución, se recomienda como mínimo, el empleo de 350 g de la sal anhidra y 750 g de la sal hidratada.

Lo más económico es el empleo del sulfato comercial en polvo, que puede considerarse prácticamente como anhidro.

**3.2** Solución de sulfato de magnesio. Se prepara disolviendo el peso necesario de sal del tipo "comercial", en agua a la temperatura de 25 a 30 °C (77 a 86 °F). Se añade suficiente cantidad de sal, bien de la forma anhidra ( $\text{MgSO}_4$ ) o cristalizada ( $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ), para asegurar no solamente que la solución esté saturada, sino también que quede un exceso de cristales cuando la solución esté preparada. Se agita bien la solución mientras se está preparando. Se enfría la solución a una temperatura de  $21 \pm 1$  °C ( $70 \pm 2$  °F), y se mantiene a esta temperatura por lo menos durante 48 horas antes de emplearla; inmediatamente antes de usarla se agita bien, y en este momento tendrá un peso específico comprendido entre 1.295 y 1.302. La solución que presente impurezas debe filtrarse y debe volverse a comprobar su peso específico. (Véase Nota 1).

Para conseguir la saturación a 23 °C (73.4 °F) de 1 dm<sup>3</sup> de agua, son suficientes 350 g de la sal anhidra o 1230 g de la hidratada. No obstante, como estas sales no son completamente estables y la forma anhidra es la menos estable, y puesto que es necesario que haya un exceso de cristales en la solución, se recomienda el empleo de 1400 g, como mínimo, de sal hidratada por litro de agua.

Lo más económico es el empleo de sulfato comercial en polvo, que puede considerarse prácticamente como anhidro.

#### 4. MUESTRAS

**4.1 Agregado fino.** La muestra del agregado fino debe pasar toda por el tamiz de 9.5 mm (3/8”).

La muestra tendrá el peso suficiente para poder obtener 100 g de cada una de las fracciones que se indican a continuación, que estén presentes en la muestra en cantidad mayor del 5%.

Fracciones			
Pasa tamiz		Retenido en tamiz	
9,5 mm	(3/8”)	4,75 mm	(Nº 4)
4,75 mm	(Nº 4)	2,36 mm	(Nº 8)
2,36 mm	(Nº 8)	1,18 mm	(Nº 16)
1,18 mm	(Nº 16)	600 µm	(Nº 30)
600 µm	(Nº 30)	300 µm	(Nº 50)

**4.2 Agregado grueso.** La muestra del agregado grueso debe ser un material del que se han eliminado todas las fracciones inferiores- al tamiz de 4.75 mm (No. 4). Estos tamaños eliminados se ensayan de acuerdo con el procedimiento para el agregado fino. La muestra debe tener, como mínimo, el peso suficiente para obtener de ella, las cantidades de, las fracciones indicadas en la Tabla 1, que estén presentes en cantidad de 5% como mínimo.

**4.3** Si las muestras contienen menos del 5% de algunas de las fracciones indicadas en los numerales 4.1 y 4.2, no se ensayará esta fracción, pero para el cálculo de los resultados del ensayo se considerará que tienen la misma pérdida a la acción de los sulfatos, de sodio o magnesio, que la media de las fracciones, inferior y superior más próximas, o bien si una de estas fracciones falta, se considerará que tiene la misma pérdida que la fracción inferior o superior que esté presente. Cuando las fracciones de 9.5 a 19.0 mm, 19 a 37.5 mm o 37.5 mm a 63 mm indicadas en el numeral 4.2 no pueden prepararse debido a la falta de uno de los dos tamaños indicados, el tamaño del que se disponga en exceso se utilizará para preparar la fracción de ensayo de la que no había cantidad suficiente.

**Tabla 1**

Tamices mm (pulgadas)		Peso g	
Compuesto de material:			
de 4.75 mm a 9.5 mm	(N° 4 a 3/8")		300 ± 5
de 9.5 mm a 19.0 mm	(3/8" a 3/4")		1000 ± 10
Compuesto de material:			
de 9.5 mm a 12.5 mm	(3/8" a 3/4")	33%	330 ± 5
de 12.5 mm a 19.0 mm	(1/2" a 3/4")	67%	670 ± 10
de 19.0 mm a 37.5 mm	(3/4" a 1 1/2")		5000 ± 300
Compuesto de material:			
de 19.0 mm a 25.0 mm	(3/4" a 1")	33%	500 ± 30
de 25.0 mm a 37.5 mm	(1" a 1/2")	67%	1000 ± 50
de 37.5 mm a 63 mm	(1 1/2" a 2 1/2")		5000 ± 300
Compuesto de material:			
de 37.5 mm a 50 mm	(1 1/2" a 2")	40%	2000 ± 200
de 50 mm a 63 mm	(3/8" a 3/4")	40%	3000 ± 300
Tamices mayores obtenidos en Incrementos de 25 mm (1")			7000 ± 1000

## 5. PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS

**5.1 Agregado fino.** La muestra de agregado fino se lava bien sobre un tamiz de 300  $\mu$ m (No. 50); se seca hasta peso constante, a una temperatura de  $110 \pm 5$  °C ( $230 \pm 9$ °F) y se separa en las diferentes fracciones por medio de un tamizado realizado de la siguiente manera: Se hace primero una separación aproximada, por medio de una serie de los tamices indicados en el numeral 4.1. De cada una de las fracciones obtenidas de esta forma se separa la suficiente cantidad de muestra para poder obtener 100 g, después de tamizar sobre el correspondiente tamiz hasta rechazo (en general, son suficientes unos 110 g). Las partículas de agregado fino que quedan encajadas en la malla del tamiz, no se emplean en la preparación de la muestra. Las muestras de 100 g, de cada una de las fracciones, después del tamizado final, se pesan y colocan por separado en los recipientes para ensayo.

**5.2 Agregado grueso.** La muestra de agregado grueso se lava bien, se seca hasta peso constante, a una temperatura de  $110 \pm 5$  °C ( $230 \pm 9$  °F) y se separa en las diferentes fracciones indicadas en el numeral 4.2, por tamizado hasta rechazo. La cantidad requerida de cada una de estas fracciones, se pesa y se coloca, por separado, en los recipientes para ensayo. En el caso de las fracciones con tamaño superior a 19 mm (3/4"), se cuenta también el número de partículas. Cuando son rocas

deberán ser rotas en fragmentos uniformes, se pesaran 100 gr, de c/u. La muestra de ensayo pesará 5000 gr.  $\pm$  2%. La muestra será bien lavada y secada antes del ensayo.

## 6. PROCEDIMIENTO

**6.1** Inmersión de las muestras en la solución. Las muestras se sumergen en la solución de sulfato de sodio o de magnesio, durante un periodo no menor de 16 horas ni mayor de 18 horas, de manera que el nivel de la solución quede por lo menos 13 mm por encima de la muestra. El recipiente se cubre para evitar la evaporación y la contaminación con sustancias extrañas. Las muestras sumergidas en la solución, se mantienen a una temperatura de  $21 \pm 1^\circ\text{C}$  ( $70 \pm 2^\circ\text{F}$ ), durante todo el tiempo de inmersión.

**6.2** Secado de las muestras, posterior a la inmersión. Después de 6.1, la muestra se saca de la solución dejándola escurrir durante  $15 \pm 5$  minutos y se la introduce en el horno, cuya temperatura se habrá regulado previamente a  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  ( $230 \pm 9^\circ\text{F}$ ). Se secan las muestras hasta obtener un peso constante a la temperatura indicada. Durante el periodo de secado se sacan las muestras del horno, enfriándolas a la temperatura ambiente, y se pesan a intervalos de tiempo no menores de 4 horas ni mayores de 18 horas. Se puede considerar que se ha alcanzado un peso constante, cuando dos pesadas sucesivas de una muestra, difieren menos de 0.1 g en el caso del agregado fino, o menos de 1.0 g en el caso del agregado grueso. Una vez alcanzado el peso constante, se sumergen de nuevo las muestras en la solución, como se indica en el numeral 6.1.

**6.3** Número de ciclos. El proceso de inmersión y secado de las muestras se prosigue, hasta completar el número de ciclos que se especifiquen.

## 7. EXAMEN CUANTITATIVO

**7.1** Después de terminado el último ciclo y de que la muestra se haya enfriado, se lava hasta que quede exenta de sulfato de sodio o de magnesio, lo cual se reconoce en las aguas de lavado por la reacción al contacto con Cloruro Bórico ( $\text{BaCl}_2$ ).

**Nota 2** Durante el lavado se debe evitar someter las partículas a impactos y frotamientos que puedan facilitar su fracturamiento o desgaste.

**7.2** Después de eliminar todo el sulfato de sodio o de magnesio, cada fracción de la muestra se seca hasta obtener un peso constante, a una temperatura de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  ( $230 \pm 9^\circ\text{F}$ ), y se pesa. Se tamiza el agregado fino sobre los mismos tamices en que fue retenido antes del ensayo, y el agregado grueso sobre los tamices indicados a continuación, según el tamaño de las partículas.

Tamaño del Agregado		Tamiz empleado	
63 mm – 37,5 mm	(2 1/2" – 1 1/2")	3.15 mm	(1 1/4")
37,5 mm – 19,0 mm	(1 1/2" – 3/4")	16.0 mm	(5/8")
19,0 mm – 9,5 mm	(3/4" – 3/8")	8.0 mm	(5/16")
9,5 mm – 4.75 mm	(3/8" – N° 4)	4.00 mm	(N° 5)

**Nota 3.** Como complemento al proceso descrito en los numerales 7.1 y 7.2, adicionalmente puede conseguirse más información examinando visualmente cada fracción, para observar si hay o no un excesivo cuarteamiento de las partículas. También puede ser de interés, después de haber pesado cada fracción como se indica en el numeral 7.1, juntar todas las fracciones, incluidos los desperdicios de cada una de ellas, y determinar la granulometría total, con los tamices necesarios para hallar el módulo de finura de la muestra total. El resultado del análisis granulométrico se dará en tanto por ciento acumulativo retenido por cada tamiz.

## 8. EXAMEN CUALITATIVO

**8.1** Las fracciones de la muestra con tamaño mayor de 19.0 mm (3/4") se examinan cualitativamente después de cada inmersión.

**8.2** El examen cualitativo constará de dos partes: 1) la observación del efecto que produce la acción del sulfato de sodio o de magnesio y la naturaleza de esta acción, y 2) el recuento del número de partículas afectadas.

La acción del sulfato puede manifestarse de muy diversas maneras; en general, podrá clasificarse como desintegración, resquebrajamiento, desmenuzamiento, agrietamiento, formación de lajas, descascaramiento, etc. Aunque sólo se requiere el examen cualitativo de las partículas con tamaño mayor de 19.0 mm (3/4"), se recomienda que también se examinen los tamaños inferiores, para observar si se produce un resquebrajamiento excesivo.

## 9. INFORME

**9.1** El informe comprenderá los siguientes datos:

- Peso de cada fracción de la muestra antes del ensayo.
- Material de cada fracción, más fino que el tamiz especificado en el numeral 7.2, en el cual quedó retenido el material después del ensayo, expresado como tanto por ciento con respecto al peso total de la fracción original.

- Pérdida media, calculada por medio del tanto por ciento de pérdida de cada fracción, teniendo en cuenta la granulometría del material tal como se recibe en el laboratorio, o mejor, teniendo en cuenta la granulometría media del material del cual se obtuvo la muestra enviada al laboratorio. En estos cálculos, los tamaños inferiores al tamiz de 300  $\mu\text{m}$  (N° 50) se supone que no tienen pérdida.
- En el caso de partículas con tamaño superior a 19.0 mm (3/4"), antes del ensayo:  
  
Número de partículas de cada fracción antes del ensayo.  
Número de partículas afectadas, clasificadas según la acción en la siguiente forma: agrietadas, partidas, escamosas, desintegradas, vueltas lajas, etc.
- Tipo de solución (sulfato de sodio o sulfato de magnesio).

9.2 Los resultados del ensayo se deben presentar entonces, en forma similar a como se indica en el ejemplo de las páginas siguientes, dado en forma de tablas.

## 10. REFERENCIAS NORMATIVAS

ASTM	C88
AASHTO	T 104

**Tabla 2**
**Inalterabilidad del agregado grueso: análisis cuantitativo**

Fracción		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Pasa	Retiene	Gradación original %	Peso de la fracción ensayada (g)	N° de partículas	Peso retenido después del ensayo (g)	Pérdida total %	Pérdida corregida %	N° de partículas
63 mm (2 1/2")	50 mm (2 ")	16.4	2770	18	2058	25,7	4,21	8
50 mm (2 ")	37,5 mm (1 1/2")	29.3	1825	14	1251	31,4	9,20	17
37,5 mm (1 1/2")	25 mm (1 ")	19.4	1005	22	745	25,9	5,02	26
25 mm (1 ")	19 mm (3/4")	9.6	495	36	372	24,8	2,38	
19 mm (3/4")	12,5 mm (1/2")	11.7	665		418	37,1	4,34	
12,5 mm (1/2 ")	9,5 mm (3/8")	7.7	335		255	23,9	1,84	
9,5 mm (3/8 ")	4,75 mm (N° 4)	5.9	305		249	18,4	1,08	
<b>TOTALES</b>		100,0	7400		5348		28,07	

(2) Fracciones pesadas de acuerdo con límites de la tabla 1 .

(3) Contadas antes del ensayo.

(4) Fracciones pesadas después del ensayo.

$$(5) = \frac{(2) - (4)}{(2)} \times 100$$

$$(6) = \frac{(1) \times (5)}{(100)}$$

(7) Se cuentan todas aquéllas no desintegradas después del ensayo.

**Tabla 3**
**Inalterabilidad del agregado fino: análisis cuantitativo**

Fracción		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Pasa	Retiene	Gradación original %	Peso de la fracción ensayada (g)	Peso retenido después del ensayo (g)	Pérdida total %	Pérdida Corregida %
9,5 mm (3/8")	4,75 mm (N° 4)	4.6**	-	-	21	0,97
4,75 mm (N° 4)	2,36 mm (N° 8)	1.08	100*	79	21	2,27
2,36 mm (N° 8)	1,18 mm (N° 16)	17.0	100*	81	19	3,23
1,18 mm (N° 16)	600 µm (N° 30)	25.2	100*	83	17	4,28
600 µm (N° 30)	300 µm (N° 50)	26.0	100*	80	20	5,2
300 µm (N° 50)	150 µm (N° 100)	11.4	100*	86	14	1,60
150 µm (N° 100)		5.0	-	-	-	-
<b>TOTALES</b>		100,0	500	409		17,55

(\*) Cantidades mínimas; se pueden emplear muestras de mayor tamaño.

(\*\*) Se utiliza la pérdida de la fracción más próxima por ser el porcentaje original < 5%.

(2) Fracciones pesadas con límites de la Tabla 1.

(3) Fracciones pesadas después del ensayo

$$(4) = \frac{(2) - (3)}{(2)} \times 100$$

$$(5) = \frac{(4) - (1)}{(100)}$$

Tabla 4

Análisis Cualitativo		Número de partículas después del ensayo					
Ciclo	Fracción	N° de Partículas preensayo	En buen estado	Agrietadas	Partidas	Escamosas	Desintegradas
I	1	18	17	1			
	2	14	12	1		1	
	3	22	21		1		
	4	36	31		1	2	2
II	1		16	1	1		
	2		10		2	1	1
	3		15	2	1	2	2
	4		29	1	1	2	3
III	1		15	1		1	1
	2		7	3	1	1	2
	3		12	2	2	3	3
	4		25	4		3	4
IV	1		12	1		2	3
	2		6	1	1	2	4
	3		10	4	2	2	4
	4		22	5	1	2	6
V	1		9	2		3	4
	2		5	1		2	6
	3		8	3	2	4	5
	4		20	2	1	3	10

Fracción 1: 63 mm - 50 mm

Fracción 2: 50 mm - 37.5 mm

Fracción 3: 37.5 mm - 25.0 mm

Fracción 4: 25.0 mm - 19 mm

---

NORMA TÉCNICA  
PERUANA

---

NTP 400.017  
1999

---

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI  
Calle De La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

---

Lima, Perú

## AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado

AGGREGATE. Standard Test Method for Unit Weight and Voids in Aggregate

**1999-04-21**  
**2ª Edición**

## ÍNDICE

	página
ÍNDICE	i
PREFACIO	ii
1. OBJETO	1
2. REFERENCIAS NORMATIVAS	1
3. TERMINOLOGÍA	2
4. SIGNIFICADO Y USO	2
5. APARATOS	2
6. MUESTRAS DE ENSAYO	3
7. CALIBRACIÓN DE LA MEDIDA	4
8. SELECCIÓN DEL PROCEDIMIENTO	4
9. PROCEDIMIENTO DE APISONADO	4
10. MÉTODO DE PERCUSIÓN	5
11. DETERMINACIÓN DEL PESO SUELTO	5
12. CÁLCULOS	5
13. EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS	6
14. PRECISIÓN	7
15. ANTECEDENTES	10

## PREFACIO

### A. RESEÑA HISTÓRICA

A.1 La presente Norma Técnica Peruana fue elaborada por el Comité Técnico Permanente de Agregados, Hormigón, Hormigón Armado, Hormigón Pretensado, en reuniones realizadas entre los meses de abril de 1996 a agosto de 1998, mediante el Sistema 2 u Ordinario, utilizando como documento inicial la norma ASTM C 29/C 29M:1991.

A.2 El Comité Técnico Permanente de Agregados, Hormigón, Hormigón Armado, Hormigón Pretensado, presentó a la Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - CRT, con fecha 98-11-13, el PNTP 400.017:1998; para su revisión y aprobación, siendo sometido a la etapa de Discusión Pública el 99-03-22, oficializándose como Norma Técnica Peruana **NTP 400.017:1999 AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado.** 2ª Edición el 29 de abril de 1999.

A.3 La presente Norma Técnica Peruana reemplaza a la NTP 400.017:1977. Esta presenta cambios editoriales referidos principalmente a terminología empleada propia del idioma español y ha sido estructurada de acuerdo a las Guías Peruanas GP 001:1995 y GP 002:1995.

### B. INSTITUCIONES QUE PARTICIPARON EN LA ELABORACIÓN DE LA NORMA TÉCNICA PERUANA

SECRETARÍA

SERVICIO NACIONAL DE  
CAPACITACIÓN PARA LA  
INDUSTRIA DE LA  
CONSTRUCCIÓN - SENCICO

PRESIDENTE

Carlos Pérez Bardález

SECRETARIA

Vanna Guffanti Parra

**ENTIDAD**

**REPRESENTANTE**

UNICON

Rodolfo Hilbck

ACERCO PERUANA S.A.

Eduardo Ríos de Armero

CEMENTOS LIMA	Telmo Bazán
PREMIX S.A.	Jorge Saravia
DURACRETO S.A.	Francisco Gómez de la Torre
ARENERA SAN MARTIN.	Enrique Oyague
CEMENTO ANDINO S.A.	Juan Carlos
ACEROS AREQUIPA S.A.	Víctor Granados
SAG CONCRETO S.A.	Carlos Moreno
ETERNIT S.A.	Mauro Quezada Diego Fernández
CAPECO	Dina Carrillo
GREMCO	César Ponce
Ministerio de Transportes, Comunicación, Vivienda y Construcción	José Domínguez Julio César Manrique
INFES	Hugo Chávez
INADE	Augusto Pehovaz
ASOCEM	Manuel Gonzáles de la Cotera
ARPL Tecnología Industrial S.A.	Wilfredo Quintana
CIP-Capítulo de Ing. Civil	Ana Biondi
UNI	Carlos Barzola
URP	Gonzalo Luque
SENCICO	Carlos Pérez
UNA	Rosa Miglio

---0000000---

## AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado

### 1. OBJETO

Este método de ensayo cubre la determinación del peso unitario suelto o compactado y el cálculo de vacíos en el agregado fino, grueso o en una mezcla de ambos, basados en la misma determinación. Este método se aplica a agregados de tamaño máximo nominal de 150 mm .

### 2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes normas contienen disposiciones que al ser citadas en este texto constituyen requisitos de esta Norma Técnica Peruana. Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda norma está sujeta a revisión, se recomienda a aquellos que realicen acuerdos en base a ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones recientes de las normas citadas seguidamente. El Organismo Peruano de Normalización posee la información de las Normas Técnicas Peruanas en vigencia en todo momento.

#### Normas Técnicas Peruanas

- |     |                  |  |
|-----|------------------|--|
| 2.1 | NTP 400.010:1976 | AGREGADOS. Extracción y preparación de las muestras  |
| 2.2 | NTP 400.021:1977 | AGREGADOS. Método de ensayo para la determinación del peso específico y la absorción del agregado grueso |
| 2.3 | NTP 400.022:1979 | AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso específico y la absorción del agregado fino          |

### **3. TERMINOLOGÍA**

- 3.1 Masa = Cantidad de materia de un cuerpo.
- 3.2 Peso Unitario = Peso por unidad de volumen.
- 3.3 Peso = Fuerza ejercida sobre un cuerpo por la gravedad.
- 3.4 Vacíos en un volumen unitario de agregado - El espacio entre las partículas en una masa de agregado, no ocupado por materia mineral sólida (Nota).

Nota: La determinación por este método no incluye los vacíos permeables o impermeables dentro de las partículas.

### **4. SIGNIFICADO Y USO**

- 4.1 Este método se utiliza siempre para determinar el valor del peso unitario utilizado por algunos métodos de diseño de mezclas de concreto.
- 4.2 También puede utilizarse para la determinación de la relación masa/volumen para conversiones, en acuerdo con el comprado ya que no se conoce la relación entre el grado de compactación del agregado en una unidad de transporte o depósito y aquella contiene humedad absorbida y superficial (que posteriormente puede afectar la capacidad), mientras que este método determina el peso unitario seco.
- 4.3 Se incluye un procedimiento para calcular el porcentaje de vacíos entre las partículas del agregado a partir de este método de peso unitario.

## 5. APARATOS

**5.1 Balanza:** Una balanza con aproximación a 0,05 kg y que permita leer con una exactitud de 0,1% del peso de la muestra.

**5.2 Barra Compactadora:** Recta, de acero liso de 16 mm (5/8") de diámetro y aproximadamente 60 cm de longitud y terminada en punta semiesférica.

**5.3 Recipiente de Medida:** Cilíndricos, metálicos, preferiblemente con asas. Estancos con tapa y fondo firmes y parejos, con precisión en sus dimensiones interiores y suficientemente rígido para mantener su forma en condiciones severas de uso. Los recipientes tendrán una altura aproximadamente igual al diámetro, pero en ningún caso la altura será menor del 80% ni mayor que 150% del diámetro. La capacidad dependerá del tamaño del agregado de acuerdo con los límites establecidos en la Tabla 1. El espesor del metal se indica en la Tabla 2. El borde superior será pulido y plano dentro de 0,25 mm y paralelo al fondo dentro de 0,5%. La pared interior deberá ser pulida y continua.

Si la medida se usa también en la determinación del peso unitario del concreto, deberá ser hecho de acero u otro material adecuado, resistente al ataque de la pasta de cemento.

**5.4 Pala de Mano:** Una pala o cucharón de suficiente capacidad para llenar el recipiente con el agregado.

**5.5 Equipo de Calibración:** Una plancha de vidrio de por lo menos 6 mm (1/4 pulg) de espesor y 25 mm (1 pulg) mayor del diámetro del recipiente a calibrar.

## 6. MUESTRAS DE ENSAYO

6.1 Una extracción y preparación de la muestra se hará de acuerdo con la norma NTP 400.010 .

6.2 La muestra de ensayo será de aproximadamente 125% a 200% de la cantidad requerida para llenar la medida y será manipulada evitando su segregación. Secar el agregado a peso constante en un horno preferiblemente a  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  .

## **7. CALIBRACIÓN DE LA MEDIDA**

7.1 Llene la medida con agua a temperatura ambiente y cubra con la placa de vidrio de tal manera de eliminar las burbujas y el exceso de agua.

7.2 Determine el peso del agua en la medida.

7.3 Mida la temperatura del agua y determine su densidad, de la Tabla 3, interpolando si es necesario.

7.4 Calcule el volumen "V" de la medida dividiendo el peso del agua requerida para llenar la medida entre su densidad. Alternativamente, calcule el factor del recipiente (1/V) dividiendo la densidad del agua entre el peso requerido para llenar el recipiente de medida.

7.5 Los recipientes de medida deberán ser calibrados por lo menos una vez al año o cuando exista razón para dudar de la exactitud de la calibración.

## **8. SELECCIÓN DEL PROCEDIMIENTO**

El procedimiento para la determinación de peso unitario suelto se usará sólo cuando sea indicado específicamente. De otro modo, el peso unitario compactado será determinado por el procedimiento de apisonado para agregados que tengan un tamaño máximo nominal de 37,5 mm (1 ½ pulg) o menos; o por el procedimiento de percusión para agregados con tamaño máximo nominal entre 37,5 mm y 150 mm (1 ½ pulg a 6 pulg).

## **9. PROCEDIMIENTO DE APISONADO**

9.1 Se llena la tercera parte del recipiente de medida y se nivela la superficie con la mano. Se apisona la capa de agregado con la barra compactadora, mediante 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie. Se llena hasta las dos terceras partes de la medida y de nuevo se compacta con 25 golpes como antes. Finalmente, se llena la medida hasta rebosar, golpeándola 25 veces con la barra compactadora; el agregado sobrante se elimina utilizando la barra compactadora como regla.

9.2 Al compactar la primera capa, se procura que la barra no golpee el fondo con fuerza. Al compactar las últimas dos capas, sólo se emplea la fuerza suficiente para que la barra compactadora penetre la última capa de agregado colocada en el recipiente.

9.3 Se determina el peso del recipiente de medida más su contenido y el peso del recipiente sólo y se registra los pesos con una aproximación de 0,05 kg (0,1 lb).

## 10. MÉTODO DE PERCUSIÓN

10.1 El recipiente de medida se llena en tres capas aproximadamente iguales. Cada capa se compacta colocando el recipiente con el agregado sobre un piso firme (v.g. un piso de concreto), se inclina hasta que el borde opuesto a la base de apoyo diste unos 5 cm del piso, para luego dejarlo caer en forma tal que dé un golpe seco. Mediante este procedimiento, las partículas del agregado se acomodan de modo compacto. Cada capa se compacta, dejando caer el recipiente 50 veces en la forma descrita, 25 veces cada extremo. El agregado sobrante se elimina con una regla.

10.2 Se determina el peso del recipiente de medida más su contenido y el peso del recipiente y se registran los pesos con una aproximación de 0,05 kg (0,1 lb).

## 11. DETERMINACIÓN DEL PESO SUELTO

11.1 **Procedimiento con pala:** El recipiente de medida se llena con una pala o cuchara hasta rebosar, descargando el agregado desde una altura no mayor de 50 mm (2") por encima de la parte superior del recipiente. El agregado sobrante se elimina con una regla.

11.2 Se determina el peso del recipiente de medida más su contenido y el peso del recipiente y se registran los pesos con una aproximación de 0,05 kg (0,1 lb).

## 12. CÁLCULOS

12.1 **Peso Unitario.-** Calcular el peso unitario compactado o suelto, como sigue:

$$M = (G - T)/V \quad (1)$$

$$M = (G - T)*F \quad (2)$$

donde:

M = Peso Unitario del agregado en kg/m<sup>3</sup> (lb/p<sup>3</sup>)

G = Peso del recipiente de medida más el agregado en kg (lb)

T = Peso del recipiente de medida en kg (lb)

V = Volumen de la medida en m<sup>3</sup> (p<sup>3</sup>), y

F = Factor de la medida en m<sup>-3</sup> (p<sup>-3</sup>)

El peso unitario determinado por este método de ensayo es para agregado en la condición seco. Si se desea calcular el peso unitario en la condición saturado con superficie seca (SSS), utilice el procedimiento descrito en este método y en este caso calcule el peso unitario SSS utilizando la siguiente expresión:

$$M_{SSS} = M[1 + (A/100)] \quad (3)$$

donde:

M<sub>SSS</sub> = Peso Unitario en la condición Saturado Superficial Seco, en kg/m<sup>3</sup> (lb/p<sup>3</sup>);

y

A = Porcentaje de absorción del agregado determinado de acuerdo con la norma NTP 400.021 ó NTP 400.022

**12.2 Contenido de Vacíos:** Calcular el contenido de vacíos en el agregado utilizando el peso unitario calculado según 12.1, como sigue:

$$\% \text{ vacíos} = 100[(S \times W) - M]/(S \times W) \quad (4)$$

donde:

M = Peso Unitario del agregado en kg/m<sup>3</sup> (lb/p<sup>3</sup>)

S = Peso Específico de masa (base seca) determinado de acuerdo con la norma NTP 400.022, y

W = Densidad del agua, 998 kg/m<sup>3</sup> (62,3 lb/p<sup>3</sup>)

## 13. EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS

13.1 Reporte los resultados del peso unitario con una aproximación de 10 kg/m<sup>3</sup> (1

lb/p<sup>3</sup>), como sigue:

13.1.1           Peso unitario compactado por apisonado, o

13.1.2           Peso unitario compactado por percusión, o

13.1.3           Peso unitario suelto.

13.2            Reporte los resultados del contenido de vacíos con una aproximación de 1%, como sigue:

13.2.1           Vacíos en el agregado compactado por apisonado, %, o

13.2.2           Vacíos en el agregado compactado por percusión, %, o

13.2.3           Vacíos en el agregado suelto, % .

## 14.            **PRECISIÓN**

### 14.1           **Agregado Grueso (Peso Unitario):**

**14.1.1           Precisión para un sólo operador (REPETIBILIDAD):** La desviación típica ha sido establecida en 14 kg/m<sup>3</sup> (0,88 lb/p<sup>3</sup>). Luego los resultados de dos ensayos realizados por un sólo operador con el mismo material no diferirán en más de 40 kg/m<sup>3</sup> (2,5 lb/p<sup>3</sup>).

**14.1.2           Precisión Multilaboratorio (REPRODUCTIBILIDAD):** La desviación típica ha sido establecida en 30 kg/m<sup>3</sup> (1,87 lb/p<sup>3</sup>). Luego dos resultados realizados en dos diferentes laboratorios con el mismo material no diferirán en más de 85 kg/m<sup>3</sup> (5,3 lb/p<sup>3</sup>).

14.1.3           Estos índices de precisión, desviación típica y máxima diferencia, han sido establecidos para peso normal y de tamaño máximo nominal de 25 mm (1"), utilizando un recipiente de medida de 14 L (1/2 p<sup>3</sup>) de capacidad.

## 14.2 Agregado Fino (Peso Unitario):

**14.2.1 Precisión para un sólo operador (REPETIBILIDAD):** La desviación típica ha sido establecida en  $14 \text{ kg/m}^3$  ( $0,88 \text{ lb/p}^3$ ). Luego los resultados de dos ensayos realizados por un sólo operador con un mismo material no diferirán en más de  $40 \text{ kg/m}^3$  ( $2,5 \text{ lb/p}^3$ ).

**14.2.2 Precisión Multilaboratorio (REPRODUCTIBILIDAD):** La desviación típica ha sido establecida en  $44 \text{ kg/m}^3$  ( $2,76 \text{ lb/p}^3$ ). Luego dos resultados realizados en dos diferentes laboratorios con el mismo material no diferirán en más de  $125 \text{ kg/m}^3$  ( $7,8 \text{ lb/p}^3$ ).

14.2.3 Estos índices de precisión, desviación típica y máxima diferencia, han sido establecidos para peso unitario suelto, utilizando un recipiente de medida de  $2,8 \text{ L}$  ( $1/10 \text{ p}^3$ ).

TABLA 1 - Capacidad de la medida

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL DEL AGREGADO		CAPACIDAD DE LA MEDIDA <sup>A</sup>	
mm	Pulgadas	L ( $\text{m}^3$ )	$\text{p}^3$
12.5	½	2.8 (0.0028)	1/10
25.0	1	9.3 (0.0093)	1/3
37.5	1 ½	14.0 (0.014)	1/2
75.0	3	28.0 (0.028)	1
112.0	4 ½	70.0 (0.070)	2 1/2
150.0	6	100.0 (0.100)	3 1/2

<sup>A</sup> La medida indicada será utilizada para ensayar agregados con Tamaño Máximo Nominal igual o menor.

TABLA 2 - Requisitos para los recipientes de medida

Espesor del metal, mínimo			
Capacidad de medida	Fondo	Sobre 1 ½ pulg ó 38 mm de pared <sup>A</sup>	Espesor Adiciona l
Menos de 0,4p <sup>3</sup>	0,20 pulg	0,10 pulg	0,10 pulg
De 0,4 p <sup>3</sup> a 1,5p <sup>3</sup> , incluido	0,20 pulg	0,20 pulg	0,12 pulg
Sobre 1,5 a 2,8p <sup>3</sup> , incluido	0,40 pulg	0,25 pulg	0,15 pulg
Sobre 2,8 a 4,0p <sup>3</sup> , incluido	0,50 pulg	0,30 pulg	0,20 pulg
Menos de 11 L	5,0 mm	2,5 mm	2,5 mm
11 a 42 L, incluido	5,0 mm	5,0 mm	3,0 mm
Sobre 42 a 80 L, incluido	10,0 mm	6,4 mm	3,8 mm
Sobre 80 a 133 L, incluido	13,0 mm	7,6 mm	5,0 mm

<sup>A</sup>El espesor adicional en la porción superior de la pared puede obtener por la colocación de una banda de refuerzo alrededor de la parte superior de la medida.

TABLA 3 - Densidad del Agua

Temperatura		kg/m <sup>3</sup>	lb/p <sup>3</sup>
°C	°F		
15,6	60	999,01	62,366
18,3	65	998,54	62,336
21,1	70	997,97	62,301
(23,0)	(73,4)	(997,54)	(62,274)
23,9	75	997,32	62,261
26,7	80	996,59	62,216
29,4	85	995,83	62,166

**15. ANTECEDENTES**

15.1 ASTM C 29/C 29M:1991 Standard Test Method for Unit Weight and Voids in Aggregate.

15.2 NTP 400.017:1977 AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado.

**AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75  $\mu\text{m}$  (N° 200) por lavado en agregados**

AGGREGATES. Standard test method for determine materials finer than 75  $\mu\text{m}$  (N° 200) sieve in aggregates by washing

**2002-05-16**  
**2ª Edición**

R.0048-2002/INDECOPI-CRT.Publicada el 2002-05-30

Precio basado en 09 páginas

I.C.S.: 91.100.30

**ESTA NORMA ES RECOMENDABLE**

Descriptor: Agregados, agregado grueso, agregado fino, gradación, pérdida por lavado, tamiz 75  $\mu\text{m}$  (N° 200), análisis granulométrico

## ÍNDICE

	<b>página</b>
ÍNDICE	i
PREFACIO	ii
1. OBJETO	1
2. REFERENCIAS NORMATIVAS	1
3. CAMPO DE APLICACIÓN	2
4. APARATOS	3
5. MUESTREO	3
6. SELECCIÓN DEL PROCEDIMIENTO	4
7. PROCEDIMIENTO A – LAVADO CON AGUA	4
8. PROCEDIMIENTO B – LAVADO UTILIZANDO UN AGENTE DISPERSANTE	5
9. CÁLCULO	6
10. INFORME	7
11. PRECISIÓN	7
12. ANTECEDENTE	9

## PREFACIO

### A. RESEÑA HISTÓRICA

A.1 La presente Norma Técnica Peruana fue elaborada por el Comité Técnico de Normalización de Agregados, Hormigón (Concreto), Hormigón Armado y Hormigón Pretensado, mediante el Sistema 2 u Ordinario, durante los meses de enero a agosto del 2001, utilizando como antecedente a la norma ASTM C 117:1995.

A.2 El Comité Técnico de Normalización de Agregados, Hormigón (Concreto), Hormigón Armado y Hormigón Pretensado presentó a la Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales –CRT, con fecha 2001-12-27, el PNT 400.018:2001, para su revisión y aprobación; siendo sometido a la etapa de Discusión Pública el 2002-03-11. No habiéndose presentado ninguna observación, fue oficializado como Norma Técnica Peruana **NTP 400.018:2002 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75  $\mu\text{m}$  (N° 200) por lavado en agregados**, 2ª Edición, el 30 de mayo del 2002.

A.3 Esta Norma Técnica Peruana reemplaza a la NTP 400.018:1977 y fue tomada en su totalidad de la ASTM C 117:1995. La presente Norma Técnica Peruana presenta cambios editoriales referidos principalmente a terminología empleada propia del idioma español y ha sido estructurada de acuerdo a las Guías Peruanas GP 001:1995 y GP 002:1995.

### B. INSTITUCIONES QUE PARTICIPARON EN LA ELABORACIÓN DE LA NORMA TÉCNICA PERUANA

SECRETARÍA	Servicio Nacional de Normalización, Capacitación e Investigación para la Industria de la Construcción - SENCICO
PRESIDENTE	Carlos Pérez Bardález
SECRETARIA	Vanna Guffanti Parra
<b>ENTIDAD</b>	<b>REPRESENTANTE</b>
UNICON	Enrique Pasquel

DURACRETO S.A.	Francisco Gómez De La Torre
CORPORACIÓN ACEROS AREQUIPA S.A.	Víctor Granados
ETERNIT S.A.	Mauro Quezada
QUÍMICA SUIZA S.A.	Milan Pejnovic
CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.	Rosaura Vásquez
COSAPI	Javier Martín Arranz
MTCVC-DIRECCIÓN GENERAL DE VIVIENDA Y CONSTRUCCIÓN	Teresa Barba
INADE	María Antonieta Chevarría
INVERMET	Guillermo Vivanco
ASOCEM	Manuel Gonzales De La Cotera
ARPL TECNOLOGÍA INDUSTRIAL S.A.	Wilfredo Quintana
CIP-CAPÍTULO DE CIVILES	Ana Biondi
PUCP	Julia Mendoza
URP	Gonzalo Luque
SENCICO	Carlos Pérez Vanna Guffanti

—oooOooo—

# AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 $\mu\text{m}$ (N° 200) por lavado en agregados

## 1. OBJETO

1.1 Esta Norma Técnica Peruana establece el procedimiento para determinar por vía húmeda el contenido de polvo o material que pasa el tamiz normalizado de 75  $\mu\text{m}$  (N° 200), en el agregado a emplearse en la elaboración de hormigones (concretos) y morteros. Las partículas de arcilla y otras partículas de agregado que son dispersadas por el agua, así como los materiales solubles en agua, serán removidos del agregado durante el ensayo.

1.2 Se incluyen dos procedimientos, uno utilizando sólo agua para la operación de lavado, y el otro que incluye un agente dispersante para facilitar el desprendimiento del material más fino que pasa el tamiz normalizado de 75  $\mu\text{m}$  (N° 200). A menos que sea especificado de otro modo, el procedimiento A (sólo agua) deberá ser utilizado.

## 2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes normas contienen disposiciones que al ser citadas en este texto constituyen requisitos de esta Norma Técnica Peruana. Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda norma está sujeta a revisión, se recomienda a aquellos que realicen acuerdos en base a ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones recientes de las normas citadas seguidamente. El Organismo Peruano de Normalización posee la información de las Normas Técnicas Peruanas en vigencia en todo momento.

### 2.1 Normas Técnicas Peruanas

2.1.1	NTP 400.037:2001	AGREGADOS. normalizadas para agregados en hormigón (concreto)	Especificaciones
-------	------------------	---	------------------

- 2.1.2 NTP 400.012:2001 AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global
- 2.1.3 NTP 400.010:2001 AGREGADOS. Extracción y preparación de las muestras
- 2.1.4 NTP 350.001:1970 TAMICES DE ENSAYO

## **2.2 Normas Técnicas de Asociación**

- 2.2.1 ASTM C 670:1996 Practice for preparing precision and bias statements for test methods for construction materials
- 2.2.2 ASTM C 702:1998 Practice for reducing field samples of agregato to testing size
- 2.2.3 AASHTO T 11 Method of test for amount of material finer than 0,075 mm sieve in aggregate

## **3. CAMPO DE APLICACIÓN**

3.1 Esta Norma Técnica Peruana se aplica para determinar la aceptabilidad de agregados finos en relación con los requisitos de la NTP 400.037, en lo que respecta al material pasante del tamiz normalizado 75- $\mu$ m (N° 200).

3.2 El principio del ensayo consiste en evaluar el recubrimiento superficial que puede tener un agregado como consecuencia del material fino mencionado en el apartado 3.1 y su potencial de perjudicar el comportamiento de hormigones (concretos) o morteros en los que pueda ser empleado. Para tal evaluación, el agregado se somete a un proceso de sedimentación y tamizado por vía húmeda.

#### 4. APARATOS

**4.1 Tamices:** Se utiliza el tamiz normalizado de 1,18 mm (N° 16) y el de 75 µm (N° 200), que cumplan con los requisitos de la NTP 350.001.

**4.2 Recipientes:** Un recipiente de suficiente tamaño para contener la muestra cubierta con agua y permitir una agitación vigorosa sin pérdidas de la muestra ni el agua.

**4.3 Balanza:** Sensible a 0,1 % del peso medido.

**4.4 Estufa:** Una estufa de tamaño suficiente capaz de mantener una temperatura uniforme de 105 °C ± 5 °C .

**4.5 Agente humectante:** Algún agente dispersante tal como detergentes líquidos para lavar platos, que promueven la separación de los materiales más finos.

NOTA 1: El uso de aparatos mecánicos para realizar la operación de lavado no es excluido, teniendo en cuenta que los resultados son consistentes con aquellos obtenidos utilizando operaciones manuales. El uso de algún equipo de lavado mecánico con algunas muestras puede causar degradación de la muestra.

#### 5. MUESTREO

**5.1** Muestrear el agregado de acuerdo con la NTP 400.010. Si la muestra de ensayo es sometida a un análisis granulométrico de acuerdo con la NTP 400.012, cumplir con los requisitos aplicables de este método de ensayo.

**5.2** Mezclar concienzudamente la muestra del agregado que será ensayado y reducir la cantidad a una cantidad adecuada para ser ensayada utilizando los métodos aplicables descritos en la norma ASTM C 702. Si la misma muestra de ensayo es ensayada de acuerdo con la NTP 400.012, el tamaño mínimo de muestra será tal como se describe en los apartados aplicables de esta NTP. De lo contrario, el tamaño de la muestra de ensayo, después del secado, será de conformidad con lo siguiente:

**TABLA 1 – Cantidad mínima de muestra**

<b>Tamaño máximo nominal del agregado</b>	<b>Cantidad mínima, g</b>
4,75 mm (No. 4) o más pequeño	300
9,5 mm (3/8 pulg)	1 000
19 mm (3/4 pulg)	2 500
37,5 mm (1 ½ pulg) o más grande	5 000

La muestra de ensayo será el resultado final de la reducción. La reducción a una cantidad exacta predeterminada no es permitida.

## **6. SELECCIÓN DEL PROCEDIMIENTO**

El procedimiento A deberá ser utilizado a menos que sea especificado de otro modo por la norma con la que los resultados de ensayo serán comparados, o cuando es dirigido por la obra para la cual el trabajo es realizado.

## **7. PROCEDIMIENTO A – LAVADO CON AGUA**

7.1 Secar la muestra de ensayo a peso constante a una temperatura de  $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ . Determinar la cantidad con una aproximación al 0,1 % de la masa de la muestra de ensayo.

7.2 Si la especificación aplicable requiere que la cantidad que pasa el tamiz de  $75\text{ }\mu\text{m}$  (Nº 200) sea determinada sobre una porción de muestra que pasa un tamiz más pequeño que el tamaño máximo nominal del agregado, separar la muestra sobre el tamiz designado y determinar la masa del material que pasa el tamiz designado con una aproximación del 0,1 % de la masa de esta porción de la muestra de ensayo. Utilizar esta masa como la masa seca original de la muestra de ensayo en el apartado 9.1.

NOTA 2: Algunas especificaciones para agregados con un tamaño máximo nominal de 50 mm o mayor, por ejemplo, proporcionan un límite para el material que pasa el tamiz normalizado de 75  $\mu\text{m}$  determinado sobre la porción de la muestra que pasa el tamiz de 25,0 mm. Estos procedimientos son necesarios debido a que no es práctico lavar las muestras del tamaño requerido cuando la misma muestra de ensayo será utilizada para el análisis granulométrico mediante la NTP 400.012.

7.3 Después de secar y determinar la masa, colocar la muestra de ensayo en el recipiente y adicionar agua suficiente para cubrirla. No adicionar detergentes, agentes dispersantes ni alguna otra sustancia al agua. Agitar la muestra vigorosamente con el fin de separar completamente todas las partículas más finas que el tamiz normalizado de 75  $\mu\text{m}$  (No. 200) de las partículas gruesas, y llevar el material fino a la suspensión. Verter inmediatamente el agua de lavado conteniendo los sólidos suspendidos y disueltos sobre los tamices, colocando el tamiz más grueso en la parte superior. Tener cuidado para evitar tanto como sea posible, la decantación de las partículas más gruesas de la muestra.

7.4 Adicionar una segunda carga de agua a la muestra en el recipiente, agitar, y decantar como antes. Repetir esta operación hasta que el agua de lavado esté clara.

NOTA 3: Si se utiliza un equipo de lavado mecánico, la carga del agua, agitación y decantación puede ser una operación continua.

7.5 Retornar todo el material retenido sobre los tamices mediante un chorro de agua. Secar el agregado lavado a peso constante a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  y determinar la masa con aproximación al 0,1 % de la masa original de la muestra.

NOTA 4: Si durante el lavado de la muestra y la limpieza con el chorro de agua algún material retenido en el tamiz normalizado de 75  $\mu\text{m}$  permanece dentro del recipiente, el agua del mismo no debe ser decantada, excepto a través del tamiz de 75  $\mu\text{m}$ , para evitar la pérdida del material. El exceso de agua de la limpieza con el chorro de agua, se debe evaporar de la muestra en el proceso de secado.

## **8. PROCEDIMIENTO B – LAVADO UTILIZANDO UN AGENTE DISPERSANTE**

8.1 Preparar la muestra de la misma manera como en el Procedimiento A.

8.2 Después de secar y determinar la masa, colocar la muestra de ensayo en el recipiente. Adicionar suficiente agua para cubrir la muestra, y adicionar el agente dispersante al agua (NOTA 5). Agitar la muestra vigorosamente con el fin de separar completamente todas las partículas más finas que el tamiz normalizado de 75 µm (Nº 200) de las partículas gruesas, y llevar el material fino a la suspensión. Verter inmediatamente el agua de lavado conteniendo los sólidos suspendidos y disueltos sobre los tamices, colocando el tamiz más grueso en la parte superior. Tener cuidado para evitar tanto como sea factible, la decantación de las partículas más gruesas de la muestra.

NOTA 5: Habrá la suficiente cantidad de agente dispersante para producir una pequeña cantidad de espuma cuando la muestra es agitada. La cantidad dependerá de la dureza del agua y de la calidad del detergente. Una cantidad excesiva de espuma puede desbordar los tamices y llevar algo de material con ella.

8.3 Adicionar una segunda carga de agua (sin agente dispersante) a la muestra en el recipiente, agitar, y decantar como antes. Repetir esta operación hasta que el agua de lavado esté clara.

8.4 Completar el ensayo tal como en el Procedimiento A.

## 9. CÁLCULO

Calcular la cantidad de material que pasa el tamiz normalizado de 75 µm (Nº 200) por vía húmeda tal como sigue:

$$A = \frac{(P_1 - P_2)}{P_1} \times 100$$

Donde:

A = Porcentaje del material más fino que pasa por el tamiz normalizado de 75 µm (Nº 200) por vía húmeda

P<sub>1</sub> = Peso seco de la muestra original, gramos

P<sub>2</sub> = Peso seco de la muestra ensayada, gramos

## 10. INFORME

### 10.1 Reportar la siguiente información:

10.1.1 Reportar el porcentaje de material más fino que pasa el tamiz normalizado de 75  $\mu\text{m}$  (N° 200) por vía húmeda con una aproximación de 0,1 %, excepto si el resultado es igual o mayor al 10 %, reportar el porcentaje con aproximación al número entero.

10.1.2 Incluir una manifestación con respecto al procedimiento que fue utilizado.

## 11. PRECISIÓN

Los estimadores de precisión de este método de ensayo listados en la Tabla 2 se basan sobre resultados del AASHTO Materials Reference Laboratory Proficiency Sample Program, con ensayos realizados con esta NTP y el AASHTO Method T 11. Las diferencias significativas entre los métodos cuando los datos fueron obtenidos se debe a que el AASHTO Method T 11 requería del uso de un agente dispersante mientras que la norma ASTM C 117 (antecedente) lo prohibía. Los datos se basan en el análisis de más de 100 pares de resultados de ensayo de 40 a 100 laboratorios.

Los valores de precisión para el agregado fino en la Tabla 2 se basan en muestras de ensayo de 500 g . La revisión de este método de ensayo en 1994 permite que el tamaño de la muestra de ensayo de agregado fino sea como mínimo de 300 g . El análisis de los resultados de ensayo de las muestras de 300 g y 500 g de las muestras de ensayo aprovechables de agregado 99 y 100 (las muestras 99 y 100 fueron idénticas esencialmente) han generado los valores de precisión en la Tabla 3, la cual sólo indica diferencias menores debido al tamaño de la muestra de ensayo.

NOTA 6: Los valores para el agregado fino en la Tabla 2 serán revisados para que se reflejen el tamaño de muestra de ensayo de 300 g cuando un número suficiente de ensayos aprovechables de agregado hayan sido realizados utilizando este tamaño de muestra para proporcionar datos confiables.

**TABLA 2 – Precisión**

	<b>Desviación estándar (1s)<sup>A</sup>, %</b>	<b>Rango aceptable de dos resultados (d2s)<sup>A</sup>, %</b>
<b>Agregado grueso<sup>B</sup></b>		
Precisión de un solo operador	0,10	0,28
Precisión multilaboratorio	0,22	0,62
<b>Agregado fino<sup>C</sup></b>		
Precisión de un solo operador	0,15	0,43
Precisión multilaboratorio	0,29	0,82

<sup>A</sup> Estos números representan los límites (1s) y (d2s) tal como son descritos en la ASTM C 670.

<sup>B</sup> La precisión estimada se basa sobre agregados que tienen un tamaño máximo nominal de 19,0 mm (1/4 pulg) con menos de 1,5 % de material que pasa el tamiz normalizado de 75 µm (Nº 200).

<sup>C</sup> La precisión estimada se basa sobre agregados finos que tienen 1,0 % a 3,0 % de material que pasa el tamiz normalizado de 75 µm (Nº 200).

**TABLA 3 – Datos de precisión para muestras de ensayo de 300 g y 500 g**

Muestra aprovechable de agregado fino				En cada laboratorio		Interlaboratorio	
Resultado de ensayo	Tamaño de muestra	No de laboratorios	Promedio	1s	d2s	1s	d2s
AASHTO T 11/ASTM C 117	500 g	270	1,23	0,08	0,24	0,23	0,66
Material total que pasa el tamiz No. 200 por vía húmeda (%)	300 g	264	1,20	0,10	0,29	0,24	0,68

**12. ANTECEDENTE**

ASTM C 117 – 1995

Standard test method for materials finer than 75- $\mu$ m (No. 200) sieve in mineral aggregates by washing

AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Angeles

AGGREGATES. Standard test method for resistance to degradation of small size coarse aggregate by abrasion and impact in the Los Angeles machine

2002-01-30  
2ª Edición

R.0007-2002/INDECOPI-CRT. Publicada el 2002-02-09

Precio basado en 9 páginas

I.C.S.: 91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: Abrasión, agregado (grueso, tamaños menores), degradación, impacto, máquina de Los Angeles



## ÍNDICE

	página
ÍNDICE	i
PREFACIO	ii
1. OBJETO	1
2. REFERENCIAS NORMATIVAS	1
3. CAMPO DE APLICACIÓN	2
4. DEFINICIONES	3
5. RESUMEN DEL MÉTODO	3
6. APARATOS	3
7. MUESTREO	5
8. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA DE ENSAYO	5
9. PROCEDIMIENTO	6
10. CÁLCULO	6
11. INFORME	7
12. PRECISIÓN	7
13. ANTECEDENTE	7
ANEXOS	
ANEXO A	8
ANEXO B	9

## PREFACIO

### A. RESEÑA HISTÓRICA

A.1 La presente Norma Técnica Peruana fue elaborada por el Comité Técnico de Normalización de Agregados, Hormigón (Concreto), Hormigón Armado y Hormigón Pretensado, mediante el Sistema 2 u Ordinario, durante los meses de enero a agosto del 2001, utilizó como antecedente a la ASTM C 131:1996 Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine.

A.2 El Comité Técnico de Normalización de Agregados, Hormigón (Concreto), Hormigón Armado y Hormigón Pretensado presentó a la Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales -CRT, con fecha 2001-10-12, el PNTP 400.019:2001, para su revisión y aprobación, siendo sometido a la etapa de Discusión Pública el 2001-11-26. No habiéndose presentado ninguna observación, fue oficializado como Norma Técnica Peruana NTP 400.019:2002 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Angeles, 2ª Edición, el 09 de febrero del 2002.

A.3 Esta Norma Técnica Peruana reemplaza a la NTP 400.019:1977 y fue tomada en su totalidad de la ASTM C 131:1996. La presente Norma Técnica Peruana presenta cambios editoriales referidos principalmente a terminología empleada propia del idioma español y ha sido estructurada de acuerdo a las Guías Peruanas GP 001:1995 y GP 002:1995.

### B. INSTITUCIONES QUE PARTICIPARON EN LA ELABORACIÓN DE LA NORMA TÉCNICA PERUANA

Secretaría	SERVICIO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN, CAPACITACIÓN E INVESTIGACIÓN PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN - SENCICO
Presidente	Carlos Pérez Bardález
Secretaria	Vanna Guffanti Parra

ENTIDAD	REPRESENTANTE
UNICON	ENRIQUE PASQUEL
ACEROS AREQUIPA S.A.	VICTOR GRANADOS
ETERNIT	MAURO QUEZADA
QUÍMICA SUIZA S.A.	MILAN PEJNOVIC
CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.	ROSAURA VÁSQUEZ
INVERMET	GUILLERMO VIVANCO
ASOCEM	MANUEL GONZALES DE LA COTERA
ARPL TECNOLOGÍA INDUSTRIAL S.A.	WILFREDO QUINTANA
CIP-CAPÍTULO DE CIVILES	ANA BIONDI
UNI	ANA TORRE RAFAEL CACHAY
URP	GONZALO LUQUE
SENCICO	CARLOS PÉREZ VANNA GUFFANTI

---0000000---

# AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Angeles

## 1. OBJETO

Esta Norma Técnica Peruana establece el procedimiento para ensayar agregados gruesos de tamaños menores que 37,5 mm (1 ½ pulg) para determinar la resistencia a la degradación utilizando la máquina de Los Angeles.

NOTA 1: En la NTP 400.020 se presenta un procedimiento para ensayar agregados gruesos de tamaños mayores que 19,0 mm (¾ pulg).

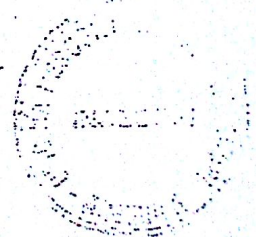
Los valores están establecidos en unidades del Sistema Internacional y serán considerados como estándar.

## 2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes normas contienen disposiciones que al ser citadas en este texto constituyen requisitos de esta Norma Técnica Peruana. Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda norma está sujeta a revisión, se recomienda a aquellos que realicen acuerdos en base a ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones recientes de las normas citadas seguidamente. El Organismo Peruano de Normalización posee la información de las Normas Técnicas Peruanas en vigencia en todo momento.

### 2.1 Normas Técnicas Peruanas

- |       |                  |   |
|-------|------------------|---|
| 2.1.1 | NTP 400.012:2001 | AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global |
|-------|------------------|---|



- 2.1.2 NTP 339.047:1979 HORMIGÓN (CONCRETO). Definiciones y terminología relativas al hormigón
- 2.1.3 NTP 400.020:2002 HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaño grande por abrasión e impacto en la máquina de Los Angeles
- 2.1.4 NTP 400.010:2001 AGREGADOS. Extracción y preparación de las muestras
- 2.1.5 NTP 350.001:1970 TAMICES DE ENSAYO
- 2.2 Normas Técnicas de Asociación
- 2.2.1 ASTM C 670:1996 Standard Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials
- 2.2.2 ASTM C 702:1998 Standard Practice for Reducing Samples of Aggregate to Testing Size

### 3. CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma Técnica Peruana se aplica ampliamente como un indicador de la calidad relativa o sobre la competencia de agregados de varias fuentes teniendo una composición mineral similar. Los resultados no permiten realizar automáticamente comparaciones válidas entre fuentes de diferente origen, composición o estructura. Los límites especificados para este método deberán asignarse con extremo cuidado, considerando los tipos de agregados disponibles y su comportamiento histórico en su utilización para fines específicos.



exterior del cilindro en la dirección de rotación, no será menor de 1270 mm (50 pulg). Inspeccionar periódicamente la pestaña para determinar que no está inclinada a lo largo o desde su posición normal radial con respecto al cilindro. Si se encuentra una de estas condiciones, repare o reemplace la pestaña antes de realizar futuros ensayos.

NOTA 2: Es preferible el uso de una pestaña de acero resistente al desgaste de sección rectangular y montada independientemente de la cubierta. No obstante se puede utilizar una pestaña que consiste en una sección de perfil angular laminado, apropiadamente montada en el interior del plato cobertor, provisto que la dirección de rotación es tal que la carga sea recogida sobre la cara exterior del ángulo.

6.1.1 La máquina deberá ser impulsada y equilibrada como para mantener una velocidad periférica uniforme (Nota 3). Si se utiliza un ángulo como pestaña, la dirección de rotación deberá ser tal que la carga sea recogida sobre la cara exterior del ángulo.

NOTA 3: Una pérdida de carrera en el mecanismo de impulsión puede arrojar resultados que no sean reproducidos por otra máquina de Los Angeles con velocidad periférica constante.

6.2 Tamices: Conforme con la NTP 350.001.

6.3 Balanza: Una balanza o báscula con exactitud al 0,1 % de la carga de ensayo sobre el rango requerido para este ensayo.

6.4 Carga: La carga consistirá en esferas de acero de aproximadamente 46,8 mm (1 27/32 pulg) de diámetro y cada una tendrá una masa entre 390 g y 445 g.

6.4.1 La carga, dependiendo de la gradación de la muestra de ensayo como se describe en el capítulo 8, será como sigue:

Gradación	Número de esferas	Masa de la carga (g)
A	12	5 000 ± 25
B	11	4 584 ± 25
C	8	3 330 ± 20
D	6	2 500 ± 15

NOTA 4: Podrá utilizarse cojinetes de bola de 46,00 mm (1 13/16 pulg) y 47,6 mm (1 7/8 pulg) de diámetro, cada una con una masa de aproximadamente 400 g y 440 g, respectivamente. Podrán utilizarse también esferas de acero de 46,8 mm (1 27/32 pulg) de diámetro; con una masa de aproximadamente 420 g. La carga podrá consistir en una mezcla de estas medidas conforme a las tolerancias de masa indicadas en los apartados 6.4 y 6.4.1.

TABLA 1 - Gradación de las muestras de ensayo

Medida del tamiz (abertura cuadrada)		Masa de tamaño indicado, g			
Que pasa	Retenido sobre	Gradación			
		A	B	C	D
37,5 mm (1 1/2 pulg)	25,0 mm (1 pulg)	1250 ± 25	.....	.....	.....
25,0 mm (1 pulg)	19,0 mm (3/4 pulg)	1250 ± 25	.....	.....	.....
19,0 mm (3/4 pulg)	12,5 mm (1/2 pulg)	1250 ± 10	2500 ± 10	.....	.....
12,5 mm (1/2 pulg)	9,5 mm (3/8 pulg)	1250 ± 10	2500 ± 10	.....	.....
9,5 mm (3/8 pulg)	6,3 mm (1/4 pulg)	.....	.....	2500 ± 10	.....
6,3 mm (1/4 pulg)	4,75 mm (N°4)	.....	.....	2500 ± 10	.....
4,75 mm (N°4)	2,36 mm (N°8)	.....	.....	.....	5000 ± 10
Total		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

## 7. MUESTREO

Se obtendrá una muestra de campo de acuerdo con la NTP 400.010 y se reducirá a un tamaño adecuado de acuerdo con la ASTM C 702.

## 8. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA DE ENSAYO

Lavar y secar al horno la muestra reducida a peso constante, a  $110 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$  (véase apartado 9.1.1), separar cada fracción individual y recombinar a la gradación de la Tabla 1, lo más cercano correspondiendo al rango de medidas en el agregado como conforme para el trabajo. Registrar la masa de la muestra previamente al ensayo con aproximación a 1 g.



## 9. PROCEDIMIENTO

9.1 Colocar la muestra de ensayo y la carga en la máquina de Los Angeles y rotarla a una velocidad entre 30 rpm a 33 rpm, por 500 revoluciones. Luego del número prescrito de revoluciones, descargar el material de la máquina y realizar una separación preliminar de la muestra sobre el tamiz normalizado de 1,70 mm (No. 12). Tamizar la porción más fina que 1,70 mm, conforme a la NTP 400.012. Lavar el material más grueso que la malla de 1,70 mm y secar al horno a  $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ , hasta peso constante (véase el apartado 9.1.1) y determinar la masa con una aproximación a 1 g (Nota 6).

9.1.1 Si el agregado está esencialmente libre de revestimiento y polvo el requerimiento de lavado puede ser obviado, pero siempre se requiere secar antes del ensayo. Por lo tanto, en el caso de ensayos de arbitraje se efectuará el lavado.

NOTA 5: La eliminación del lavado después del ensayo raramente reducirá las pérdidas de medida en mas de 0,2 % de la masa original de la muestra.

NOTA 6: Información válida sobre la uniformidad de la muestra de ensayo podrá obtenerse por la determinación de la pérdida luego de 100 revoluciones. Esta pérdida podría ser determinada sin lavado del material más grueso que el tamiz normalizado de 1,70 mm (No. 12). La relación de la pérdida después de 100 revoluciones frente a la pérdida luego de 500 revoluciones no excedería mayormente 0,20 para material de dureza uniforme. Cuando se realiza esta determinación, tener cuidado de evitar pérdida de alguna parte de la muestra, retornar la muestra entera incluyendo el polvo de la fractura, a la máquina de ensayo para las 400 revoluciones finales requeridas para completar el ensayo.

## 10. CÁLCULO

Calcular la pérdida (diferencia entre la masa inicial y final de la muestra) como un porcentaje de la masa original de la muestra de ensayo. Informar este valor como el porcentaje de pérdida.

NOTA 7: El porcentaje de pérdida determinado por este método no tiene una relación consistente conocida con el porcentaje de pérdida del mismo material cuando se determina por el método de ensayo NTP 400.020

## 11. INFORME

11.1. Proporcionar la siguiente información:

11.1.1 Identificación del agregado como fuente, tipo y tamaño nominal máximo.

11.1.2 Gradación de acuerdo con la Tabla I, utilizada para el ensayo; y

11.1.3 Pérdida por abrasión e impacto de la muestra, expresada con aproximación al 1 % por masa

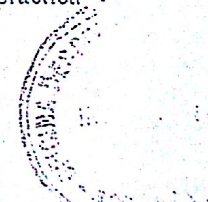
## 12. PRECISIÓN

Para tamaño máximo nominal de agregado grueso de 19,0 mm (3/4 pulg), con porcentajes de pérdida en el rango de 10 % a 45 %, el coeficiente de variación multilaboratorio ha sido establecido en 4,5 %<sup>1</sup>. Luego, los resultados de dos ensayos efectuados por dos laboratorios diferentes con muestras del mismo agregado grueso, no diferirán en más de 12,7 %<sup>1</sup> de su promedio. El coeficiente de variación para un mismo operador ha sido establecido en 2 %<sup>1</sup>. Luego, los resultados de dos ensayos efectuados por el mismo operador con muestras del mismo agregado grueso, no diferirán en más de 5,7 % de su promedio<sup>1</sup>.

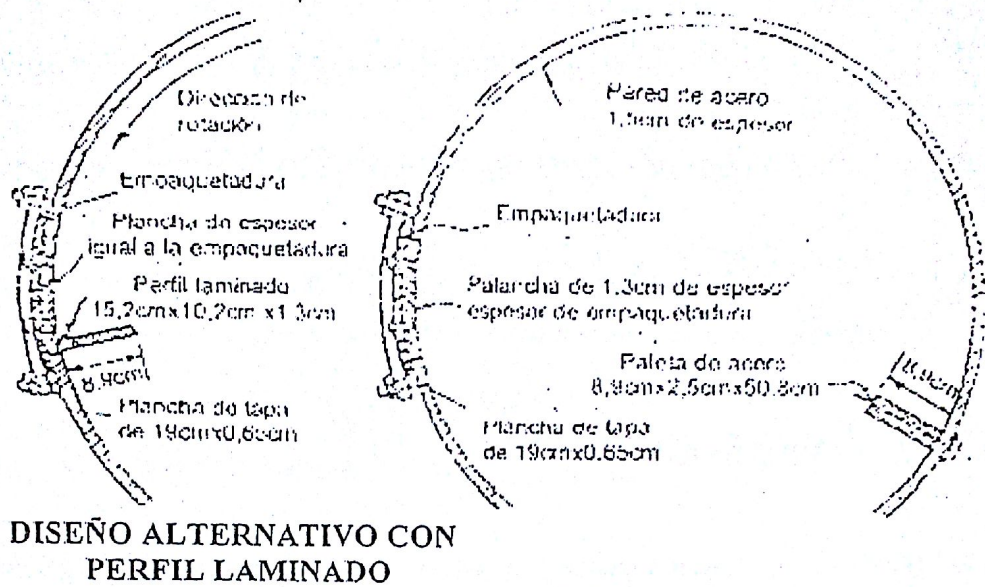
## 13. ANTECEDENTE

13.1 ASTM C 131:1996 Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine

<sup>1</sup> Estos números representan los límites (1S%) y (D2S%), respectivamente, como se describen en la práctica ASTM C 670.



### ANEXO A (NORMATIVO)



DISEÑO ALTERNATIVO CON  
PERFIL LAMINADO

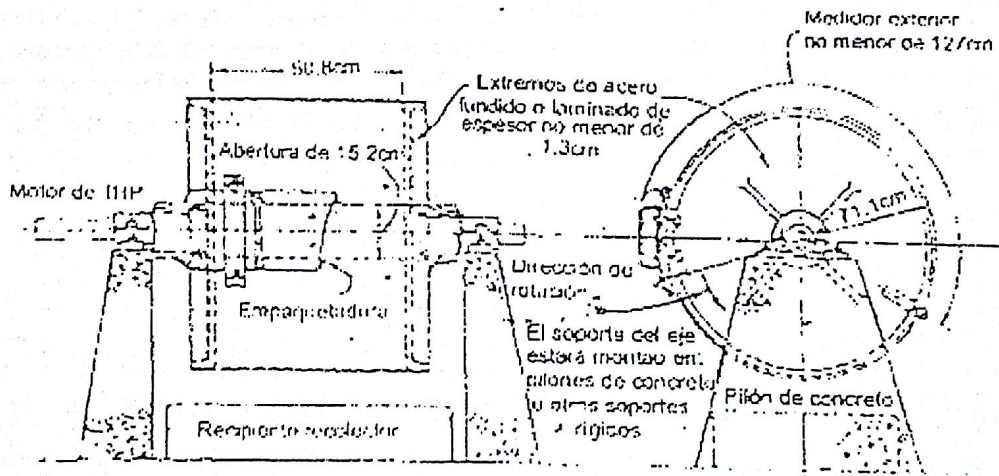


FIGURA 1 – Máquina de ensayo Los Angeles

ANEXO B  
(INFORMATIVO)

MANTENIMIENTO DE LA PESTAÑA

B.1 La pestaña de la máquina de Los Angeles está sujeta a severo desgaste superficial e impacto. Con el uso, la superficie de trabajo de la pestaña es martillada por las esferas y tiende a desarrollar resaltes paralelos acerca de 32 mm (1 ¼ pulg) en la conexión de la pestaña y la superficie interior del cilindro. Si la pestaña es hecha de perfil angular laminado, no solamente puede desarrollar estos canales sino la pestaña misma puede ser curvada longitudinal o transversalmente de su posición propia.

B.2 La pestaña deberá ser inspeccionada periódicamente para determinar que no está curvada longitudinalmente o de su posición radial normal con respecto al cilindro. Si se encuentra alguna de estas condiciones, la pestaña deberá ser separada o reemplazada antes de realizar nuevos ensayos. La influencia sobre los resultados del ensayo del resalte desarrollado mediante el martilleo de la cara de trabajo de la pestaña no se conoce. Luego, para condiciones uniformes de ensayo, se recomienda que los resaltes no sobrepasen 2 mm (0,1 pulg) en su altura.



## PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS

### MTC E 206 – 2000

#### NTP 400.021

Este Modo Operativo está basado en las Normas ASTM C 127 y AASHTO T 85, los mismos que se han adaptado, a nivel de implementación, a las condiciones propias de nuestra realidad. Cabe indicar que este Modo Operativo está sujeto a revisión y actualización continua.

Este Modo Operativo no propone los requisitos concernientes a seguridad. Es responsabilidad del Usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes, y determinar además las obligaciones de su uso e interpretación.

### 1. OBJETIVO

Describe el procedimiento que debe seguirse para la determinación de los pesos específicos aparente y nominal, así como la absorción, después de 24 horas de sumergidos en agua, de los agregados con tamaño igual o mayor a 4.75 mm (tamiz No. 4).

### 2. DEFINICIONES

**2.1** Volúmenes aparentes y nominales. En un sólido permeable, si se incluye en su volumen la parte de vacíos accesibles al agua en las condiciones que se establezcan, se define el volumen denominado "aparente"; si se excluye este volumen de vacíos al volumen resultante, se denomina "nominal".

**2.2** Peso específico aparente y nominal. En estos materiales, se define el peso específico aparente como la relación entre el peso al aire del sólido y el peso de agua correspondiente a su volumen aparente, y peso específico nominal a la relación entre el peso al aire del sólido y el peso de agua correspondiente a su volumen nominal.

### 3. APARATOS

**3.1** Balanzas, con capacidad igual o superior a 5000 g, según el tamaño máximo de la muestra para ensayo (véase Tabla 1), con sensibilidad de 0.5 g para pesos hasta de 5000 g, o 0.0001 veces el peso de la muestra, para pesos superiores.

**3.2** Canastillas metálicas, como recipientes para las muestras en las pesadas sumergidas. Se dispondrá de dos tipos de canastillas metálicas, de aproximadamente igual base y altura, fabricadas con armazón de suficiente rigidez y paredes de tela metálica con malla de 3 mm. Para agregados con tamaño máximo inferior a 38 mm (1 ½") se utilizarán canastillas con capacidades de 4 a 7 dm<sup>3</sup> y para tamaños superiores canastillas con capacidades de 8 a 16 dm<sup>3</sup> (litros).

**3.3** Dispositivo de suspensión. Se utilizará cualquier dispositivo que permita suspender las canastillas de la balanza, una vez sumergida.

#### 4. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

**4.1** Se comienza por mezclar completamente los agregados, cuarteándolos a continuación, hasta obtener aproximadamente la cantidad mínima necesaria para el ensayo, después de eliminar el material inferior a 4.75 mm. Las cantidades mínimas para ensayo se indican en la Tabla 1, en función del tamaño máximo nominal del agregado.

**Tabla 1**

Tamaño máximo nominal		Cantidad mínima de muestra
mm	(pulg)	Kg
Hasta 12,5	½	2
19,0	¾	3
25,0	1	4
37,5	1 ½	5
50,0	2	8
63,0	2 ½	12
75,0	3	18
90,0	3 ½	25

**4.2** Si se desea, puede fraccionarse la muestra y ensayar separadamente cada una de las fracciones; cuando la muestra contenga más de un 15 por ciento retenido en el tamiz de 38.10 mm (1 ½ "), se separará entonces siempre por este tamiz al menos en dos fracciones.

Cuando se fracciona la muestra, las cantidades mínimas para ensayo de cada fracción se ajustarán, según su tamaño máximo particular, a lo indicado en la Tabla 1.

#### 5. PROCEDIMIENTO

**5.1** La muestra se lava inicialmente con agua hasta eliminar completamente el polvo u otras sustancias extrañas adheridas a la superficie de las partículas; se seca a continuación en una estufa a 100° - 110 °C y se enfría al aire a la temperatura ambiente durante 1 a 3 horas. Una vez fría se pesa, repitiendo el secado hasta lograr peso constante, y se sumerge en agua, también a temperatura ambiente, durante 24 ± 4 horas.

Cuando se vayan a utilizar los valores de la absorción y pesos específicos en concretos hidráulicos con agregados normalmente empleados en estado húmedo, se puede prescindir del secado hasta

peso constante. Además, si los agregados se han mantenido con su superficie continuamente mojada hasta el ensayo, pueden también suprimirse las 24 horas de inmersión en agua. Los valores obtenidos para la absorción y el peso específico aparente con agregados en el estado de saturados con superficie seca, pueden ser significativamente mas altos si antes de mojarlos se ha omitido el secado previo indicado en el numeral 5.1, por lo cual deberá consignarse en los resultados cualquier alteración que se introduzca en el procedimiento general.

**5.2** Después del período de inmersión, se saca la muestra del agua y se secan las partículas rodándolas sobre un pifio absorbente de gran tamaño, hasta que se elimine el agua superficial visible, secando individualmente los fragmentos mayores. Se tomarán las precauciones necesarias para evitar cualquier evaporación de la superficie de los agregados. A continuación, se determina el peso de la muestra en el estado de saturada con superficie seca (S.S.S.). Estas y todas las pesadas subsiguientes se realizarán con una aproximación de 0.5 g para pesos hasta 5000 g y de 0.0001 veces el peso de la muestra para pesos superiores.

**5.3** A continuación, se coloca la muestra en el interior de la canastilla metálica y se determina su peso sumergida en el agua, a la temperatura entre 21° y 25 °C y un peso unitario de  $0.997 \pm 0.002 \text{ g/cm}^3$ . Se tomarán las precauciones necesarias para evitar la inclusión de aire en la muestra sumergida, agitando convenientemente. La canastilla y la muestra deberán quedar completamente sumergidas durante la pesada y el hilo de suspensión será lo más delgado posible para que su inmersión no afecte a las pesadas.

**5.4** Se seca entonces la muestra en horno a 100° - 110 °C, se enfría al aire a la temperatura ambiente durante 1 a 3 horas y se determina su peso seco hasta peso constante.

## 6. RESULTADOS

### 6.1 Llamando:

A = Peso en el aire de la muestra seca en gramos

B = Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca, en gramos.

C = Peso sumergido en agua de la muestra saturada, en gramos.

Se calculan los pesos específicos aparente, saturado con superficie seca y nominal así como la absorción, por medio de las siguientes expresiones:

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{A}{B - C}$$

$$\text{Peso específico aparente (S.S.S.)} = \frac{A}{B - C}$$

$$\text{Peso específico nominal} = \frac{A}{A - C}$$

$$\text{Absorción} = \frac{B - A}{A} \times 100$$

Nota S.S.S. = Saturado con Superficie Seca.

Se expresarán siempre las temperaturas a las que se hayan determinado los pesos.

**6.2** Cuando se divide la muestra total para ensayo en fracciones más pequeñas como se indica en el numeral 4.2, se ensayarán por separado cada una de las fracciones, calculándose sus respectivos pesos específicos y absorción a partir de las expresiones del numeral 6.1.

Para obtener el verdadero valor, tanto del peso específico como de la absorción, correspondientes a la mezcla total (n fracciones), se aplican las expresiones:

$$G_{pr} = \frac{1}{\frac{P_1}{100G_1} + \frac{P_2}{100G_2} + \frac{P_n}{100G_n}}$$

$$A = \frac{P_1A_1}{100} + \frac{P_2A_2}{100} + \frac{P_nA_n}{100}$$

Donde:

- $P_1, P_2, \dots, P_n$  = Porcentajes respectivos del peso de cada fracción con respecto al peso total de la muestra.
- $G_1, G_2, \dots, G_n$  = Pesos específicos (aparente, saturado con superficie seca o real, el que se esté calculando) de cada fracción de la muestra total.
- $A_1, A_2, \dots, A_n$  = Porcentajes de absorción de cada fracción de la muestra total.
- $G_p$  = Verdadero valor del peso específico correspondiente (aparente, saturado superficie seca o real) a la muestra total.
- $A$  = Valor del porcentaje de absorción de la muestra total.

## 7. PRECISIÓN

7.1 Puede seguirse el siguiente criterio para juzgar la aceptabilidad de los resultados con un 95 % de probabilidad.

Los ensayos por duplicado realizados en un mismo laboratorio sobre una misma muestra, se considerarán satisfactorios si no difieren en más de las siguientes cantidades:

para los Pesos Específicos	0.01
para la Absorción	0.13

Los ensayos realizados en un mismo laboratorio sobre una misma muestra, se considerarán satisfactorios si no difieren de su valor medio en más de las siguientes cantidades:

para los Pesos Específicos	$\pm 0.01$
para la Absorción	$\pm 0.09$

Para muestras diferentes, aún con idéntico origen, los límites de precisión deberán ser superiores.

## 8. REFERENCIAS NORMATIVAS

ASTM	C 127
AASHTO	T 85

---

**NORMA TÉCNICA  
PERUANA**

---

**NTP 400.022  
2002**

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI  
Calle de La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

---

## **AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino**

**AGGREGATES. Standard test method for specific gravity and absorption of fine aggregate**

**2002-05-16  
2ª Edición**

R.0048-2002/INDECOPI-CRT.Publicada el 2002-05-30

Precio basado en 05 páginas

I.C.S.: 91.100.30

**ESTA NORMA ES RECOMENDABLE**

Descriptor: Absorción, agregado, agregado fino, peso específico

## ÍNDICE

	<b>página</b>
ÍNDICE	i
PREFACIO	ii
1. OBJETO	1
2. REFERENCIAS NORMATIVAS	1
3. CAMPO DE APLICACIÓN	2
4. DEFINICIONES	2
5. APARATOS	2
6. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA	3
7. PROCEDIMIENTO DE ENSAYO	4
8. EXPRESIÓN DE RESULTADOS	4
9. REPORTE	5
10. ANTECEDENTE	5

## PREFACIO

### A. RESEÑA HISTÓRICA

A.1 La presente Norma Técnica Peruana fue elaborada por el Comité Técnico de Normalización de Agregados, Hormigón (Concreto), Hormigón Armado y Hormigón Pretensado, mediante el Sistema 2 u Ordinario, durante los meses de enero a agosto del 2001, utilizando como antecedente a la ASTM C 128:1997.

A.2 El Comité Técnico de Normalización de Agregados, Hormigón (Concreto), Hormigón Armado y Hormigón Pretensado presentó a la Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales – CRT, con fecha 2001-12-27, el PNTP 400.022:2001, para su revisión y aprobación; siendo sometido a la etapa de Discusión Pública el 2002-03-11. No habiéndose presentado ninguna observación, fue oficializado como Norma Técnica Peruana **NTP 400.022:2002 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino**, 2ª Edición, el 30 de mayo del 2002.

A.3 Esta Norma Técnica Peruana reemplaza a la NTP 400.022:1979 y fue tomada en su totalidad de la ASTM C 128:1997. La presente Norma Técnica Peruana presenta cambios editoriales referidos principalmente a terminología empleada propia del idioma español y ha sido estructurada de acuerdo a las Guías Peruanas GP 001:1995 y GP 002:1995.

### B. INSTITUCIONES QUE PARTICIPARON EN LA ELABORACIÓN DE LA NORMA TÉCNICA PERUANA

SECRETARÍA	Servicio Nacional de Normalización, Capacitación e Investigación para la Industria de la Construcción - SENCICO
PRESIDENTE	Carlos Pérez Bardález
SECRETARIA	Vanna Guffanti Parra

**ENTIDAD**

UNICON

DURACRETO S.A.

CORPORACIÓN ACEROS AREQUIPA S.A.

ETERNIT S.A.

QUÍMICA SUIZA S.A.

CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.

COSAPI

MTCVC-DIRECCIÓN GENERAL DE  
VIVIENDA Y CONSTRUCCIÓN

INADE

INVERMET

ASOCEM

ARPL TECNOLOGÍA INDUSTRIAL S.A.

CIP-CAPÍTULO DE CIVILES

PUCP

URP

SENCICO

**REPRESENTANTE**

Enrique Pasquel

Francisco Gómez De La Torre

Víctor Granados

Mauro Quezada

Milan Pejnovic

Rosaura Vásquez

Javier Martín Arranz

Teresa Barba

María Antonieta Chevarría

Guillermo Vivanco

Manuel Gonzáles De La Cotera

Wilfredo Quintana

Ana Biondi

Julia Mendoza

Gonzalo Luque

Carlos Pérez  
Vanna Guffanti**—0000000—**

## AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino

### 1. OBJETO

La presente Norma Técnica Peruana establece un procedimiento para determinar el peso específico seco, el peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción (después de 24 horas) del agregado fino.

### 2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes normas contienen disposiciones que al ser citadas en este texto constituyen requisitos de esta Norma Técnica Peruana. Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda norma está sujeta a revisión, se recomienda a aquellos que realicen acuerdos en base a ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones recientes de las normas citadas seguidamente. El Organismo Peruano de Normalización posee, en todo momento, la información de las Normas Técnicas Peruanas en vigencia.

#### Normas Técnicas Peruanas

2.1	NTP 400.037:2001	AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en hormigón (concreto)
2.2	NTP 400.012:2001	AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global
2.3	NTP 400.011:1996	AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos)

- |     |                  |  |
|-----|------------------|--|
| 2.4 | NTP 400.010:2001 | AGREGADOS. Extracción y preparación de las muestras  |
| 2.5 | NTP 350.001:1970 | TAMICES DE ENSAYO  |
| 2.6 | NTP 339.047:1979 | HORMIGON (CONCRETO). Definiciones y terminología relativas al hormigón                       |
| 2.7 | NTP 400.021:2002 | AGREGADOS. Métodos de ensayo normalizado para peso específico y absorción de agregado grueso |

### **3. CAMPO DE APLICACIÓN**

Esta Norma Técnica Peruana se aplica para determinar el peso específico seco, el peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción de agregado fino, a fin de usar estos valores tanto en el cálculo y corrección de diseños de mezclas, como en el control de uniformidad de sus características físicas.

### **4. DEFINICIONES**

Para los propósitos de esta Norma Técnica Peruana se aplican las definiciones contenidas en la NTP 400.021.

### **5. APARATOS**

**5.1 Balanza:** Sensible a 0,1 % del peso medido y con capacidad de 1 000 g o más.

**5.2 Frasco:** Frasco volumétrico de 500 cm<sup>3</sup> de capacidad, calibrado hasta 0,1 cm<sup>3</sup> a 20 °C

**5.3 Molde cónico:** Metálico de 40 mm ± 3 mm de diámetro en la parte superior, 90 mm ± 3 mm de diámetro en la parte inferior, y 75 mm ± 3 mm de altura.

**5.4** Barra compactadora de metal de 340 g ± 15 g de peso con un extremo de superficie plana circular de 25 mm ± 3 mm de diámetro.

**5.5 Estufa:** Una estufa capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 °C ± 5 °C .

## 6. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

**6.1** Se coloca aproximadamente 1 000 g del agregado fino, obtenido por el método del cuarteo y secado a peso constante a una temperatura 110 °C ± 5 °C . Se cubre la muestra con agua y se deja reposar durante 24 horas. Se extiende sobre una superficie plana expuesta a una corriente suave de aire tibio y se remueve con frecuencia, para garantizar un secado uniforme. Se continúa esta operación hasta que los granos del agregado no se adhieran marcadamente entre sí. Luego se coloca en el molde cónico, se golpea la superficie suavemente 25 veces con la barra de metal y se levanta el molde verticalmente. Si existe humedad libre, el cono de agregado fino mantendrá su forma. Se sigue secando, revolviendo constantemente y se prueba a intervalos frecuentes hasta que el cono se derrumbe al quitar el molde. Esto indica que el agregado fino ha alcanzado una condición de superficie seca (NOTA 1).

NOTA 1: El procedimiento descrito se realiza con la intención de asegurar que la determinación del primer ensayo se realiza con algo de agua libre en la muestra. Si el cono de agregado se desmorona al primer intento, es por secado mas allá de su condición de saturación con superficie seca. En este caso, se agregará unos centímetros cúbicos de agua y para después mezclarlo completamente, se dejará reposar en un envase tapado. Luego se comenzará nuevamente el proceso.



**8.3           Peso específico aparente (Pea)**

$$Pea = \frac{(W_o)}{(V - V_a) - (500 - W_o)} \times 100$$

**8.4           Absorción (Ab)**

$$Ab = \frac{500 - W_o}{W_o} \times 100$$

**9.            REPORTE**

9.1           Reportar el resultado del peso específico con aproximación a 0,01, e indicar el tipo de peso específico, ya sea de masa, saturado superficialmente seco o aparente.

9.2           Reportar el resultado de absorción con aproximación a 0,1 %.

**10.          ANTECEDENTE**

ASTM C 128:1997

Standard test method for specific gravity and absorption of fine aggregate